

I. *Ueber die Anker der Elektromagnete;*
von Dr. Julius Dub in Berlin.

Wenngleich die so wichtigen Lehren des Elektromagnetismus in neuester Zeit, besonders durch die interessanten Untersuchungen der Herren Lenz und Jacobi, um Vieles gefördert worden sind, so bleiben dennoch immer viele Fragen unerörtert. So schien es mir immer von großem Gewicht, daß bei der Anziehung eines Elektromagneten der Anker berücksichtigt würde, mittelst welches die Anziehung geschieht, und es ist daher in der vorliegenden Bearbeitung mein Bestreben gewesen, zu untersuchen, welchen Einfluß die Verschiedenheit der Form und GröÙe der Anker bei der Anziehung eines Elektromagneten übe?

In specieller Beziehung auf dieses Thema sind mir keine früheren Arbeiten bekannt; doch ist neuerdings von Herrn Barral den 22. November 1847 ¹⁾ der Pariser Academie eine Abhandlung unter dem Titel: „*Recherches sur les électro-aimants*“ vorgelegt, in welcher Beobachtungen über die Wirkungen des Gewichts der Anker bei Elektromagneten mitgetheilt werden. Die Art, in der Herr Barral seine Versuche angestellt hat, ist nicht beschrieben, er findet aber, daß das Maximum der Anziehung immer dann stattfindet, wenn der Anker dieselbe Schwere hat wie der Magnet.

Ich bin in den vorliegenden Untersuchungen nicht zu demselben Resultate gelangt; auch haben mich die Beobachtungen der Wirkungen der Anker zu Erfolgen geleitet, welche, in Bezug auf die Wirkungen der Elektromagnete selbst, mit einigen der von den Herren Lenz und Jacobi gefundenen Resultate nicht übereinstimmen, worauf

1) *Comptes rendus*, T. 25, p. 757.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXIV.

ich an den betreffenden Stellen der Abhandlung hingewiesen habe.

Der Apparat.

Zu den angestellten Untersuchungen habe ich *Elektromagnete* benutzt.

Die Eisenkerne der Elektromagnete sind aus möglichst feinem Eisen, und zwar aus dem Grunde, damit des remanenten Magnetismus so wenig als möglich sey. Denn obgleich zwar das Eisen von krystallinischem Bruch grössere Tragkraft zeigt als das feine ¹⁾, so hat es doch den Uebelstand, daß der remanente Magnetismus so bedeutend ist, daß er das Resultat besonders geringer Tragkräfte ganz verändert, wenn es öfter gebraucht wird, wie dies Herr Fechner nachgewiesen ²⁾. Die Eisencylinder sind alle stark gegläht und möglichst langsam abgekühlt, so daß sie, wenngleich sie die Nadel richten, doch eine sehr kleine Eisenmasse (eine Nähnadel) nicht mehr tragen, sobald der um sie geleitete Strom unterbrochen ist.

Ich habe Eisenstäbe von 1" Durchmesser, so wie von $\frac{1}{2}$ " und $\frac{5}{16}$ ", am meisten von 12" Länge als Magnete benutzt.

Die elektrische Spirale bestand aus Kupferdraht von 1^{mm},4 Durchmesser, welcher mit Seide besponnen ist. Dieser Draht ist auf Messinghülsen, deren jede $1\frac{1}{4}$ " lang ist, gewickelt. Diese Hülsen sind aufgeschlitzt, ganz so wie sie die Herren Lenz und Jacobi zu ihren Versuchen benutzten ³⁾. Damit eine etwa freie Stelle des Drahtes nicht in metallische Berührung mit der Hülse komme, sind diese vor dem Bewickeln noch lackirt. Diese Hülsen enthalten in 2 Lagen 56 Umwindungen des vorn beschriebenen Drahtes, der so gewickelt ist, daß auf jeder Seite der

1) Ritchie, *Phil. trans. for.* 1833. *Part II.* — Poggend. *Annal.* Bd. 32, S. 536.

2) Fechner's *Rep.* I, S. 390. Dove, *Rep.* IV, S. 267.

3) Poggendorff's *Annal.*, Bd. 47, S. 234.

Hülse ein Drahtende hervorsteht, und diese Enden mit denen einer andern gleichen Rolle durch Klemmschrauben verbunden werden können, so daß es mir also möglich ist, jede beliebige Länge eines Magneten mit galvanischer Spirale zu umgeben. Diese Hülsen haben etwas über einen Zoll Durchmesser, damit sie bequem über einen 1" dicken Magnet geschoben werden können.

Anker. Da ich nur bis jetzt die Anziehung geradliniger Magnete untersucht habe, so waren auch nur geradlinige Anker nöthig, die ich, als in der einfachsten Form, cylindrisch genommen habe. — Es war mir daher möglich, die Anker zu Magneten und die Magnete zu Ankern zu nehmen. Es lag in dem Zweck meiner Untersuchung, die verschiedenartigsten Anker anzuwenden. So habe ich denn gegen 70 Anker von 1" bis 24" Länge und einem Durchmesser von 2" bis $\frac{1}{16}$ " benutzt. Die Anker sind wie die Magnete gegläht und ihre Endflächen genau abgeschliffen, damit die Berührung möglichst vollständig sey.

Zur Befestigung des aufzuhängenden Gewichtes ist auf dem einen Ende eines jeden Ankers eine Messingöse eingeschraubt, wogegen diejenigen Anker, welche dazu zu dünn waren, von einer Hülse mittelst einer Schraube gehalten wurden.

Der Abreißapparat. Zum Abreißen der Anker habe ich mich eines Apparates bedient, ähnlich dem, wie ihn Herr Ritschie zu Untersuchungen über die Tragkraft empfiehlt ¹⁾.

Auf einem Brett stehen senkrecht zwei 4" hohe Leisten, welche in Entfernung von 2" zu 2" viereckige Löcher haben, in die ein Messingbolzen paßt. Dieser Bolzen ($\frac{3}{8}$ " im Quadrat) dient als Unterstützungspunkt des Hebels, welcher den Anker abzureißen bestimmt ist. Auf ihm ruht der Hebel mit einem Stahlprisma. Der Hebel selbst hat einen kurzen und einen langen Arm. Der kurze Arm trägt in einer Entfernung von 4" vom Hypomochlium eine Vor-

1) *Phil. trans. for.* 1833. *Part II.* — Poggend. *Annal.* Bd. 32, S. 534.

richtung, welche den Haken hält, an den der Anker gehängt wird. Dieser Haken kann mittelst einer Schraube hoch- und herabgeschraubt werden, um den Anker immer so stellen zu können, daß der Hebel horizontal steht, wenn der Anker den Magnet berührt. — Der andere Arm des Hebels ist 2 Fuß lang und mit einer Scala versehen, auf der die Entfernung der Befestigung des Hakens vom Hypomochlium (4") am kurzen Hebelarm als Einheit genommen ist. An diesem langen Hebelarm kann ein Gewicht von beliebiger Schwere bis auf eine Entfernung von 2' vom Unterstützungspunkte verschoben werden.

Damit beim Abreißen der Anker die Schwere derselben nicht mitwirke, ist am Ende des langen Hebelarms eine Schale angebracht, welche durch Gewichte ein Tariren des Ankers möglich macht. Und damit dieß um so genauer geschehen könne, trägt der kurze Hebelarm an seinem Ende noch eine wagerechte Schraube (6" lang), mittelst welcher eine $\frac{1}{2}$ Pfd. schwere Mutter dem Unterstützungspunkte genähert oder von demselben entfernt werden kann.

Senkrecht unter dem Haken am Hebel, welcher die Anker trägt, ist eine Vorrichtung, durch welche mittelst einer Schraube der senkrecht in die Höhe stehende Magnet gehalten wird.

Die galvanische Säule. Als Elektromotoren bediente ich mich eines bis 5 Grove'scher Elemente, an denen das Platin $3\frac{1}{2}$ " lang und $2\frac{1}{2}$ " breit war, so daß ein Element $8\frac{3}{4}$ Quadratzoll Oberfläche auf einer Seite hat. Die Zinkoberfläche war 28 Quadratzoll.

Die Tangentenbussole. Um ein Urtheil über die Stärke des galvanischen Stromes zu haben, leitete ich denselben mit der galvanischen Spirale zugleich durch eine Tangentenbussole, deren Kupferring 12" Durchmesser und deren Magnet 1" Länge hatte. Der Magnet hängt an einem Coconfaden und ist, der leichtern Beobachtung wegen, auf einer dünnen Kupfernadel von 5" Länge befestigt, welche sich über einem getheilten Kreise hinbewegt, so daß ich dann die Stromesintensität bei den Versuchsreihen nur durch die Grade der Ablenkung dieser Nadel angegeben habe.

Der Widerstandsmesser. Von den Instrumenten, den Strom nach Belieben erniedrigen zu können, wählte ich das von Hrn. Professor Poggendorff construirte und von ihm »Widerstandsmesser« genannte ¹⁾, weil es bei derselben Sicherheit die gröfsere Einfachheit vor den andern voraus hat. Mein Neusilberdraht, dessen ich mich in einer Länge von 16' bediente, hat 1^{mm} Durchmesser.

So waren bei den Experimenten die Spirale des Magneten, die Tangentenbussole und der Widerstandsmesser mit den Elektromotoren zu einem Kreise verbunden, und der Strom durchlief diese Theile nach einander, so dafs ich an der Tangentenbussole nur abzulesen hatte, welche Stromstärke die im Magnete vorhandene Intensität hervorrief und dann diese auf einer bestimmten Höhe durch Stellen an dem Widerstandsmesser fixiren konnte.

Die Tangentenbussole stand in der nöthigen Entfernung von dem Magnete, so dafs weder dieser noch die aufgesetzten Anker einen Einflufs auf dieselbe übten.

Bevor ich zur Darstellung der Resultate schreite, scheint es mir nöthig zu erwähnen, *dafs jedes einzelne Resultat immer das Mittel aus 10 Versuchen ist.*

Zu Anfang seiner Untersuchung über die Elektromagnete bemerkt Hr. Jacobi ²⁾, dafs er deshalb zu einem andern Mittel, die Anziehung der Magnete zu prüfen, geschritten sey, weil das unmittelbare Abreißen der Anker grofse Schwierigkeiten darbiete. — Die Schwierigkeiten bestehen vorzüglich darin, dafs, obgleich die Berührungsfläche der Anker und Magnete vollkommen eben geschliffen sind, es dennoch schwierig ist sie so aufzusetzen, dafs sich die Flächen, wenn der Anker belastet wird, ganz berühren, und dafs, wenn dies wirklich der Fall ist, beim Abreißen nicht die eine Kante eher abreifst als die andere. Ich habe in meine Versuchsreihen möglichst nur solche Fälle aufzu-

1) Poggend. Annal. Bd. 52, S. 511.

2) Poggend. Annal. Bd. 47, S. 229. Bd. 61, S. 263.

nehmen versucht, wo die günstigste Berührung stattfand. Besonders war es auch von Wichtigkeit, daß der Anker immer auf die Mitte der Magnete aufgesetzt wurde; denn wenn dies nicht geschah, so zeigten sich größere Differenzen in den angezogenen Gewichten. Die Anziehungskraft ist bei weitem constanter, wenn die Anker mitten aufgesetzt werden, als wenn dies nicht der Fall ist. Ich habe daher bei allen Versuchen die Anker mitten auf den Magneten aufgesetzt.

Dadurch, daß ich immer das Mittel aus 10 Versuchen nahm, sind die etwanigen Differenzen in der Anziehung in soweit ausgeglichen, daß ein wiederholtes Mittel von 10 Versuchen in den meisten Fällen dasselbe Resultat gab. Allein einige Fälle sind mir doch vorgekommen, wo ein nochmaliges Mittel um 0,2 Pfd. bis 0,5 Pfd. von dem früheren differirte; jedoch sind dieser Fälle nur wenige.

Allein berücksichtigen wir auch diese Fälle, so haben auch solche, wenngleich großen, Beobachtungsfehler doch noch keinen Einfluß auf die Begründung der aufgestellten Resultate, da ich die gemachten Schlüsse nicht auf einzelne Resultate basirt, sondern, wie die Folge lehren wird, aus vielen Versuchsreihen, die immer unter den verschiedensten Verhältnissen die genauesten Analogien darbieten, entnommen habe, so daß jeder Zweifel über die Richtigkeit der Resultate unmöglich ist.

Damit die Verschiedenheit des Eisens, welche auch oft große Differenzen in der Anziehung hervorruft, bei diesen Versuchen von möglichst geringem Einfluß sey, habe ich nur Eisen von derselben Sorte gewählt, und die Anker, welche denselben Durchmesser haben, alle aus einer Stange anfertigen lassen.

Da es nicht gleichgültig ist, ob die galvanische Spirale bis dicht an den Pol des Magneten reicht, oder ob dieser noch etwas aus derselben hervorsteht, so muß ich erwähnen, daß durch meinen Apparat sich die Verhältnisse so gestalteten, daß der Eisenkern bei einer Länge von 12" (den ich am meisten gebrauchte) auf jeder Seite $\frac{5}{8}$ " aus der

Spirale hervorstand, d. h. dafs der Pol, welcher den Anker hielt, $\frac{5}{8}$ " von der galvanischen Spirale entfernt war. Gebrauchte ich Magnete von anderer Länge, was nur selten vorgekommen ist, so liefs ich auch hier die Spirale $\frac{5}{8}$ " vom Pole entfernt.

Schliesslich erinnere ich noch, dafs alle Gewichtsmaafse preussische Pfunde sind.

Form der Anker.

Nach Dal Negro nimmt die Anziehung der Magnete zu mit dem Gewicht der Anker ¹⁾. Setzt man diesen Satz als wahr voraus, so fragt sich, ob bei gleicher Schwere auch die Anziehung der Anker unter allen Verhältnissen derselben sich gleich bleibe? »Ob jede beliebige Form der Anker bei gleicher Schwere gleiche Anziehung zeige?«

Ich nahm, um dies zu untersuchen, 10 cylindrische Anker, jeden $29\frac{1}{4}$ Loth schwer, von folgender Form;

Anker.	Durchmesser.	Länge.	Anker	Durchmesser.	Länge.
No. 1	2"	1"	No. 6	$\frac{7}{8}$ "	$5\frac{1}{4}$ "
- 2	$1\frac{1}{2}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	- 7	$\frac{3}{4}$ "	$7\frac{1}{2}$ "
- 3	$1\frac{1}{4}$ "	2"	- 8	$\frac{11}{16}$ "	$8\frac{1}{2}$ "
- 4	$1\frac{1}{8}$ "	3"	- 9	$\frac{9}{16}$ "	$12\frac{3}{4}$ "
- 5	1"	4"	- 10	$\frac{1}{2}$ "	16"

Diese Anker wurden von einem Magneten von 12" Länge und 1" Dicke, welcher mit 336 Spiralwindungen umgeben war, bei einer Ablenkung an der Tangentenbussole von 25° , welcher die Tangente = 4,663 entspricht, mit folgender Kraft angezogen:

I.

Anker No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.
1,8	1,7	2,1	2,7	3,35	4,5	6,2	7,4	9,7	10,3.

Leite ich um den Magneten einen Strom, der die Nadel der Bussole auf 45° ablenkte, dem also $tg = 10$ entspricht,

1) *Annali delle scienze del Regno Lombardo Veneto*, übersetzt in Baumgärtner's Zeitschrift 1833, Bd. 1, S. 321. — Poggend. Annal. Bd. 29, S. 472.

so wurden die obigen Anker mit folgenden Kräften gehalten:

II.

Anker No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.
6,24	5,4	5,2	6,57	8,13	10,71	15,5	19,15	27,9	25,58.

Wir ersehen aus diesen Resultaten, daß
»die Kraft, mit der die Anker gehalten werden, auch abhängig ist von der Form derselben.«

Diese Beobachtung schließt noch keinesweges den von Hrn. Dal Negro aufgestellten Satz aus, daß die Schwere die GröÙe der Anziehung bedinge. In der Folge werden wir jedoch sehen, daß dieser Satz in seiner Allgemeinheit nicht richtig sey.

Wir sehen aber auch ferner aus den vorn angeführten Resultaten, daß die Anziehung nicht immer mit der Länge zunimmt, sondern daß auch der Durchmesser der Anker von Einfluß ist. So zieht in beiden Reihen der erste Anker mehr als der zweite; in der zweiten Reihe auch der zweite mehr als der dritte, und der vorletzte mehr als der letzte, der doch um Vieles länger ist. Daß hier nicht die Modification des Eisens diese Erscheinung hervorruft, ist schon aus der ersten Reihe zu ersehen, und werden auch noch die folgenden Versuchsreihen beweisen.

Um nämlich zu zeigen, daß auch noch öfter diese Erscheinung hervortrete, daß längere Anker nicht immer mehr gehalten werden als kürzere, füge ich noch zwei Versuchsreihen hinzu, bei deren ersten dieselben Anker durch einen $\frac{1}{2}$ " dicken und bei der zweiten durch einen $\frac{5}{16}$ " dicken Magneten gehalten werden:

III. Anziehung eines Magneten von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser und 12" Länge.

Anker No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.
3	3,4	4,7	6,2	6,7	7	8	7,4	9,1	10.

IV. Anziehung eines Magneten von $\frac{5}{16}$ " Dicke und 12" Länge.

Anker No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.	No. 8.	No. 9.	No. 10.
3,2	3,5	4	4,9	5,3	4,7	5,4	5,7	6,2	6

Auch diese Magnete wurden magnetisirt durch dieselbe Spirale und durch einen Strom von 25° Ablenkung.

In der Reihe, wo der Magnet $\frac{1}{2}$ " dick ist, zieht der Anker No. 7 mehr als der No. 8, und in der andern wird No. 5 mit größerer Kraft gehalten als No. 6, obgleich No. 5 nur 4", dagegen No. 6 $5\frac{1}{4}$ " lang ist. Ebenso ist No. 9 = $12\frac{3}{4}$ " und No. 10 = 16" lang, aber No. 9 wird stärker angezogen als No. 10.

Wir sehen hieraus, daß Anker von derselben Masse uns keine klare Anschauung über die Wirkung der verschiedenen Form derselben geben, da hier mit der Länge sich zugleich die Dicke ändern muß. Wir können also aus den hier gemachten Beobachtungen keinen andern als den Schluß ziehen:

» Bei derselben Masse ist die Anziehung der Anker sehr verschieden und richtet sich sowohl nach deren Länge als nach ihrer Dicke. «

Um also zu einer klaren Einsicht über das Verhältniß der Anziehung zu gelangen, ist es nöthig, einfachere Fälle herbei zu führen. Dies geschieht dadurch, daß wir einmal nur die Länge, das andere Mal die Dicke der Anker variiren lassen.

Einfluß der Länge der Anker auf die Anziehung.

Um den Einfluß der Länge der Anker zu untersuchen, habe ich Anker von 1" Dicke, von 2" bis 24" Länge angewandt, und zwar habe ich sie zuerst ebenfalls anziehen lassen von einem Magneten, dessen Länge 12" und dessen Durchmesser 1" war. Ich erhielt folgende Resultate bei einer Stromstärke von $20^\circ = tg = 3,639$ und 336 Umwindungen des vorn beschriebenen Drahtes:

V.										
Länge der Anker:	2"	3"	4"	5"	6"	9"	15"	18"	21"	24"
Anziehung:	1,23	1,73	2,38	3	3,27	4,43	4,89	5,18	6,34	5,96

Wir sehen aus dieser Versuchsreihe, daß die Anziehung wächst mit der Länge der Anker bis auf den von 24" Länge.

Leitete ich um den Magnet einen Strom von der Intensität 25° , $tg = 4,663$, so entstand folgende Reihe:

VI.

Länge der Anker: 2" 3" 4" 5" 6" 9" 15" 18" 21" 24"
 Anziehung: 1,75 2,42 3,35 4,02 4,63 6,86 8,44 10,2 12 9,5.

Ein Strom von 31° , $tg = 6,009$, ergab folgendes Resultat:

VII.

Länge der Anker: 2" 3" 4" 5" 6" 9" 15" 18" 21" 24"
 Anziehung: 2,43 3,65 4,83 6,2 6,8 11,25 12,9 13,6 16 13,4.

Ein Strom von 35° , $tg = 7,002$, zeigte folgende Anziehung:

VIII.

Länge der Anker: 2" 3" 4" 5" 6" 9" 15" 18" 21" 24"
 Anziehung: 2,96 4,5 6,08 7,56 8,88 13,8 16,4 18,8 22 17,5.

Stellen wir diese Resultate zusammen, so erhalten wir:

VIII. b. Anziehung von Ankern von 1" Durchmesser durch einen Magneten von 12" Länge und 1" Dicke.

Länge der Anker.	Stromstärke.			
	20°	25°	31°	35°
2"	1,23	1,75	2,43	2,96
3	1,73	2,42	3,65	4,5
4	2,38	3,35	4,83	6,08
5	3	4,02	6,2	7,35
6	3,27	4,63	6,8	8,88
9	4,43	6,86	11,25	13,8
15	4,89	8,44	12,9	16,4
18	5,18	10,2	13,6	18,8
21	6,34	12	16	22
24	5,96	9,5	13,4	17,5

Wir ersehen aus diesen Resultaten unzweideutig, daß die Anziehung der Anker wächst mit der Länge derselben. Allein dieß war immer nur der eine Fall, wo der Anker 1" Durchmesser hatte, und zwar ebenso dick war als der Magnet selbst. Um nun zu untersuchen, ob auch unter andern Verhältnissen sich dasselbe Resultat herausstellen werde, habe ich noch eine Reihe von Ankern gewählt, welche $\frac{5}{16}$ " Durchmesser hatten und diese ganz unter denselben Verhältnissen, wie oben, anziehen lassen:

IX. Anziehung von Ankern von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, bewirkt durch einen Magneten von 12" Länge und 1" Dicke mit 336 Umwindungen.

Länge der Anker.	Stromstärke.			
	20°	25°	31°	35°
2"	1,7	2,56	3,57	4,36
3	2,86	3,66	5,4	6,2
4	3,39	4,72	7,2	7,74
5	3,88	5,36	7,8	8
6	4,91	6,09	8,24	9,2
9	6	7,3	9,38	10,14
12	6,52	8,7	9,84	10,8
15	5,9	7,8	9,3	9,9
18	6,32	8,67	9,5	10,5
21	6,3	7,98	9,2	10,3
24	6,32	7,98	9,4	10,5

Betrachten wir diese Reihen, so finden wir, daß die Anziehung regelmäfsig wächst bis zu der Länge von 12". Der Anker von 15" Länge zeigt immer eine bedeutende Abnahme, während die folgenden alle ziemlich gleich viel ziehen, mehr als der von 15", aber nicht mehr als der von 12" Länge.

Lassen wir diese Abweichung des Ankers von 15" außer Acht, so finden wir hier:

„Die Anziehung hat ihr Maximum bei der Länge von 12", und alle längern ziehen ziemlich ebenso viel, nehmen wenigstens entschieden nicht mehr an Anziehungskraft zu.“

Ich füge hier noch zwei Reihen hinzu, welche die Anziehung bei noch gröfserem Strome messen.

X. Anziehung von Ankern von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, bewirkt durch den 12" langen, 1" dicken Magneten bei den Stromstärken 39° und 45°.

Länge der Anker.	Stromstärke.	
	39°	45°
2"	5,54	7,86
3	8,8	10,3
4	8,8	10,26
5	8,9	10,2
6	9,81	10
9	10,35	11,1
12	10,77	11,7
15	10,8	11,8
18	11,7	11,9
21	11,2	11,8
24	11,25	11,9

Es findet sich hier bei der Ablenkung von 39° die Ausnahme, daß das Maximum der Anziehung erst bei $18''$ Länge eintritt; bei der andern Reihe jedoch findet schon wieder von $12''$ an keine bedeutende Zunahme statt.

Außerdem nun, daß bei den Ankern von $\frac{5}{16}''$ Durchmesser bei einer bestimmten Länge ein Maximum der Anziehung eintritt, beobachten wir noch, daß » eine Annäherung an das Maximum um so eher eintritt, je stärker der Strom ist. « — Bei der Stromstärke 31° ist das Maximum fast bei $9''$ Länge vorhanden, ebenso bei 35° . Bei 39° wächst die Anziehung von $6''$ Länge bis $18''$ nicht um 2 Pfd., und bei 45° Ablenkung ist die Anziehung eines $3''$ langen Ankers von der eines $24''$ langen nur um 1,6 Pfd. verschieden, obgleich sie bei $3''$ Länge schon 10,3 Pfd. beträgt.

Bei Ankern von noch geringerem Durchmesser tritt das Maximum noch eher ein. Aus beifolgenden Versuchsreihen von Ankern, deren Durchmesser $\frac{3}{16}''$ ist, ersieht man, daß die Anziehung bei den verschiedenen Längen überhaupt nur sehr wenig zunimmt.

XI. Anziehung von Ankern von $\frac{3}{16}''$ Dicke, bewirkt durch den $12''$ langen, $1''$ dicken Magneten.

Länge der Anker.	S t r o m s t ä r k e.					
	20°	25°	31°	35°	39°	45°
2"	1,66	2,16	3,15	3,28	3,76	3,9
4	2,97	3,51	4,2	4,2	4,3	4,5
6	2,7	3,4	3,82	4,2	3,86	3,76
9	3,5	3,7	4,24	4,35	4,51	4,7
12	3,28	3,7	4,3	4,36	4,53	4,84

Dickere Anker, bei denen man zwar noch nicht vollständig das Maximum erkennt, weil nur Anker bis zu $12''$ Länge angewandt wurden, zeigen jedoch deutlich schon eine Annäherung an das Maximum, indem sie bei zunehmender Länge immer weniger an Anziehung zunehmen. Ich erlaube mir zum Beweis hier noch eine Versuchsreihe der Anker von $\frac{3}{8}''$ Durchmesser anzuführen.

XII. Anziehung von Ankern von $\frac{3}{8}$ " Dicke, durch den Magneten 12" lang, 1" dick.

Länge der Anker.	Stromstärke					
	20°	25°	31°	35°	39°	45°
2"	1,55	2,38	3,45	4,13	5,50	7,24
4	3,37	4,77	7,4	8,48	10,71	12,78
6	5,1	7,3	10	11,88	14,9	17,25
9	6,58	9,36	12,48	14,9	16,1	19,40
12	7,24	10,26	13,8	15,65	17,02	18,65

Diese Annäherung an das Maximum wird besonders klar, wenn wir das Verhältniß der Anziehungen mit den Stromstärken vergleichen. Fände nämlich nicht eine solche Annäherung an das Maximum statt, so müßte ein constantes Verhältniß hervortreten.

Nach Hrn. Jacobi nämlich *„verhält sich die Anziehung zweier geradliniger Elektromagnete oder eines Elektromagneten und eines Ankers (was unser Fall ist) wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme“* 1).

Betrachten wir nun die gefundenen Resultate.

Der Anker von 2" Länge und $\frac{5}{16}$ " Durchmesser wird angezogen,

XIII.

bei den Strömen: 20° 25° 31° 35° 39° 45°
denen die Tangenten entsprechen: 3,639 4,663 6,009 7,002 8,098 10,
mit folgenden Kräften in Pfd.: 1,7 2,56 3,57 4,36 5,54 7,86

Die beiden ersten Stromstärken werden bestimmt durch $tg = 3,639$ und $tg = 4,663$. Dies ist nahezu das Verhältniß 4 : 5 und die Quadrate 16 : 25; die Anziehungen sind aber 17 : 25, oder genauer 170 : 256.

Die zwei folgenden Tangenten verhalten sich wie 6 : 7, ihre Quadrate wie 36 : 49; die dazu gehörigen Anziehungen sind 36 : 44.

Die beiden folgenden Quadrate der Tangenten sind 64 : 100, die dazu gehörigen Anziehungen 55 : 78.

Für diese Fälle ist das obige Gesetz noch ziemlich richtig, und man könnte die vorhandenen Abweichungen viel-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 47, S. 409.

leicht noch dem Mangel der Versuche überhaupt zuzurechnen geneigt seyn. Ich bemerke nur, daß das vorhandene Verhältniß immer etwas zu eng ist. Alle nicht bei zu hohen Stromstärken oder zu großer Länge gewählten Zahlen liefern dasselbe.

Allein betrachten wir nun die Anziehung eines Ankers, wenn das vorher besprochene Maximum annäherungsweise eintritt. Nehmen wir z. B. den Anker von $1\frac{5}{6}$ " Durchmesser und 3" Länge, so verhalten sich die angezogenen Gewichte bei den Stromstärken 39° und 45° wie 8,8 : 10,3, während sich die Quadrate der Tangenten verhalten wie 64 : 100. — Bei demselben Anker von 6" Länge sind die angezogenen Gewichte 9,8 : 10, während die Tangenten doch auch in dem Verhältniß von 64 : 100 stehen.

Nehmen wir noch einen andern Anker! Der Anker von $\frac{3}{8}$ " Durchmesser und 4" Länge wird bei den Strömen 35° und 39° ($= \text{tg } 7$ und $\text{tg } 8$) mit 8,48 Pfd. und 10,71 Pfd. angezogen. Die Quadrate der tg sind 49 : 64 und die angezogenen Gewichte 8,48 : 10,71, was gleich ist 49 : 63.

Während wir auch hier das Gesetz sich bestätigen sehen, stimmt es bei demselben Anker von 12" Länge durchaus nicht; er wird bei denselben Strömen angezogen von 15,65 Pfd. und 17,02 Pfd. Es paßt hier nicht einmal das Verhältniß der einfachen Tangenten 7 : 8, sondern auch dieses ist noch zu weit.

Bei einem Anker von 4" Länge aber 1" Durchmesser, bei den Strömen von 31° und $45^\circ = \text{tg } 6,009$ und $\text{tg } 10$, deren Quadrate 36 : 100 ist, und das Verhältniß der anziehenden Kräfte 4,83 : 11,04, sehen wir auch annäherungsweise die Richtigkeit des Gesetzes; jedoch die anziehenden Kräfte bei einer Länge der Anker von 9" verhalten sich $= 11,25 : 20$. Hier ist das Verhältniß $= 56,15 : 100$, also keinesweges mehr den Anforderungen entsprechend.

Bei Ankern von geringerem Durchmesser tritt dieses Mißverhältniß schon bei geringerer Länge ein. Ich mache nur darauf aufmerksam, daß bei dem Anker von 4" Länge und $\frac{3}{8}$ " Durchmesser bei den Strömen 31° und 45° , das

Verhältniß der Anziehung wie 37 : 64, und bei einer Länge von 9" wie 65 : 100 ist, während doch die Quadrate der Tangenten = 36 : 100 sind.

Was also den Einfluß der Länge der Anker auf die Anziehung anbetrifft, so haben wir gefunden:

- 1) »Die Anziehung nimmt mit der Länge der Anker zu.«
- 2) »Diese Zunahme der Anziehung geht nur bis zu einer gewissen Gränze gleichmäßig fort, und nähert sich dann einem Maximum, indem es immer weniger zunimmt, bis dieses Maximum selbst eintritt.«
- 3) »Dieser Punkt, wo die Anziehung anfängt sich dem Maximo zu nähern, tritt um so eher ein, je stärker der Strom und je dünner der Anker ist.«

Aus diesem letzten Satze ergibt sich, wie die vorn angeführten Beispiele bewiesen haben, daß das von Herrn Jacobi aufgestellte Gesetz nur seine Anwendung findet, bei einer bestimmten Form der Anker und bei gewissen Gränzen der Stromstärke. Eine Untersuchung über die Anziehung der Elektromagnete in Entfernung würde vielleicht näheren Aufschluß geben, warum die von Hrn. Jacobi in dieser Beziehung angestellten Versuche so genaue Resultate gegeben haben, da er diese Abreißversuche nicht in unmittelbarer Berührung der Eisenflächen, sondern bei einem dazwischen gelegten Holz von $\frac{1}{4}$ " Dicke gemacht hat; denn es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Wirkung eines starken Stromes bei derselben Entfernung von Magneten »im Verhältniß« größer ist, als die eines schwächeren. Fände sich dies, so würden gewiß für das Gesetz günstigere Resultate bei einer bestimmten Entfernung vom Magnet (z. B. $\frac{1}{4}$ ") eintreten.

Für die Anziehung in unmittelbarer Berührung müssen wir sagen:

»Das von Hrn. Jacobi aufgestellte allgemeine Gesetz, daß sich die Anziehung eines Elektromagnets und eines Ankers verhalte wie die Quadrate der magnetisirenden Ströme, ist nur in sofern annäherungsweise wahr, als bestimmte, dazu passende Anker gewählt werden.«

Dicke der Anker.

Wir haben bisher noch nicht die Anziehungen der Anker von 1" Durchmesser mit denen von $\frac{5}{16}$ " und $\frac{3}{16}$ " verglichen. Da alle von denselben Magneten und überhaupt bei sonst gleichen Umständen angezogen wurden, so muß uns ein Vergleich dieser Anziehungen von Ankern von verschiedenem Durchmesser auf den Einfluß der Dicke der Anker aufmerksam machen.

Ein Anker, 6" lang und 1" Durchmesser, wird bei einer Stromstärke von 20° Ablenkung mit 3,27 Pfd. angezogen; dagegen wird der Anker von derselben Länge, aber $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, mit 4,91 Pfd. gehalten.

Bei einer Stromstärke von 25° ist die Anziehung des Ankers von 1" Durchmesser 6,8 Pfd. und dessen von $\frac{5}{16}$ " = 8,24 Pfd.

Wir sehen also hier das auffallende Resultat:

»Ein Anker von derselben Länge und viel geringerem Durchmesser wird mit größerer Kraft angezogen als ein stärkerer.«

Während der stärkere 44 Lth. wiegt, wiegt der von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser nur $3\frac{1}{16}$ Lth.

Nehmen wir jedoch aus unserer Reihe die beiden 9 zölligen Anker bei einer Stromstärke von 31°, so sehen wir: der Anker von 1" Durchmesser zieht 11,25 Pfd. dagegen der Anker von $\frac{5}{16}$ " - - - 9,38 - - während bei der Stromstärke von 20° noch die Anziehung folgende ist:

Anker 9" lang 1" dick = 4,43 Pfd.

Anker 9" - $\frac{5}{16}$ " - = 6

So sehen wir, daß bei stärkeren Strömen das Maximum der Anziehung sich wieder zu den dickern Ankern wendet, und ein Blick auf die Tabellen (VIII b, IX, X) zeigt, daß dies um so eher geschehe, je länger der Anker ist.

Eine Betrachtung der Resultate der Anker von $\frac{3}{16}$ " Dicke zeigt, daß die Anziehung nicht mit der Abnahme des Durchmessers zunehme, indem hier wieder überall geringere An-

zie-

ziehung stattfindet als bei dem Anker von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, und wir werden veranlaßt zu fragen:

» Welche Dicke muß der Anker haben, um bei derselben Länge das Maximum der Anziehung zu üben?

Die Beantwortung dieser Frage zwang mich, eine große Anzahl von Versuchsreihen anzustellen. — Wenn es sich darum handelte, wie sich die anziehenden Kräfte verhielten bei verschiedenem Durchmesser, und wo das Maximum der Anziehung sey, so war es nöthig, Anker von immer geringer werdenden Durchmesser anzuwenden. Ich habe Anker benutzt von folgendem Durchmesser: 1", $\frac{12}{16}$ ", $\frac{11}{16}$ ", $\frac{10}{16}$ ", $\frac{9}{16}$ ", $\frac{8}{16}$ ", $\frac{7}{16}$ ", $\frac{5}{16}$ ", $\frac{3}{16}$ ", $\frac{2}{16}$ ", $\frac{1}{16}$ "; und diese habe ich angewandt in den Längen: 2", 4", 6", 9", 12".

Und da wir schon den verschiedenen Einfluß der Stromstärke sahen, so habe ich obige Anker anziehen lassen bei folgenden Stromstärken: 20°, 25°, 31°, 35°, 39°, 45°.

Die Versuche sind folgende mit einem 12" langen 1" dicken Magnet:

XIV. Anziehung der Anker von 2" Länge, bei verschiedener Stromstärke und verschiedener Dicke der Anker.

Stromstärke.	Durchmesser der Anker.								
	1"	$\frac{11}{16}$ "	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{8}{16}$ "	$\frac{7}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "	$\frac{2}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "
20° tg 3,639	1,25	1,22	1,35	1,45	1,55	1,7	1,66	1	0,41
25° tg 4,663	1,75	1,83	2,04	2,12	2,38	2,56	2,16	2,1	0,4
31° tg 6,009	2,43	2,75	2,97	3,1	3,45	3,57	3,15	2,12	0,44
35° tg 7,002	2,96	3	3,51	3,81	4,13	4,36	3,28	2,03	0,42
39° tg 8,098	3,63	4,08	4,38	4,52	5,50	5,54	3,76	2,98	0,47
45° tg 10	4,68	5,22	5,8	6,32	7,24	6,86	3,9	2,66	0,5

Betrachten wir diese Resultate, so finden wir, daß bei der Stromstärke von 20° das Maximum der Anziehung bei dem Durchmesser $\frac{5}{16}$ " stattfindet und daß $\frac{3}{16}$ " noch mit größserer Kraft angezogen wird als alle von größserem Durchmesser. Bei der Stromstärke von 25° Ablenkung ist zwar ebenfalls das Maximum der Anziehung noch bei dem Anker von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, aber der von $\frac{3}{16}$ " hat nicht mehr größere Anziehung als alle anderen, sondern correspondirt mit dem von $\frac{8}{16}$ ". Dasselbe ist der Fall bei

31° Stromstärke. Bei 35° entspricht der Anker von $\frac{3}{16}$ dem von $\frac{1}{16}$, und man ersieht daraus, daß, wenn dieß Wachsen zu Gunsten der stärkern Anker so fortgeht mit der Zunahme der Stromstärke, das Maximum nicht bei dem Anker von $\frac{5}{16}$ Durchmesser bleiben kann. Wirklich ist bei 39° ziemlich dieselbe Anziehung bei $\frac{3}{16}$ und 1" Dicke, und die Anker $\frac{5}{16}$ und $\frac{6}{16}$ stehen gleich. Bei 45° Stromstärke geht endlich das Maximum zu dem Anker von $\frac{6}{16}$ über, und der Anker von 1" Durchmesser übertrifft den von $\frac{3}{16}$ um 1,5 Pfd.

Betrachten wir jetzt die Anziehung der Anker von 4" Länge ganz unter denselben Verhältnissen wie die vorigen:

XV. Anziehung der Anker von 4" Länge.

Stromstärke.	Durchmesser der Anker.							
	1"	$\frac{11}{16}$ "	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{6}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "	$\frac{2}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "
20°	2,38	3,15	3,47	3,37	3,3	2,97	1,92	0,37
25	3,35	4,59	4,92	4,77	4,72	3,51	2,28	0,34
31	4,83	6,08	7,57	7,4	7,24	4,2	2,58	0,39
35	6,08	7,12	8,98	8,48	7,74	4,2	2,8	0,4
39	7,54	8,3	11,37	10,71	8,40	4,3	2,88	0,39
45	11,04	12,93	15,3	12,78	10,56	4,5	3,12	0,4

Wir finden ganz ähnliche Resultate wie bei den vorigen Reihen, es bewirkt die Zunahme der Länge der Anker ungefähr dasselbe wie die größere Stromesintensität. Hier ist das Maximum der Anziehung gleich Anfangs bei dem Anker von $\frac{2}{16}$ Durchmesser, und der von $\frac{3}{16}$ correspondirt schon jetzt mit dem von 1" Durchmesser. Wir finden wieder eine Zunahme zu Gunsten der stärkeren Anker, und bei 45° Ablenkung zieht der Anker von 1" Durchmesser $\frac{1}{2}$ Pfd. mehr als der von $\frac{5}{16}$.

XVI. Anziehung der Anker von 6" Länge.

Stromstärke.	Durchmesser der Anker.											
	2"	$1\frac{1}{2}$ "	1"	$\frac{13}{16}$ "	$\frac{11}{16}$ "	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{8}{16}$ "	$\frac{6}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "	$\frac{2}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "
20°	4,4	3,7	3,27	3,9	4,2	4,41	4,76	5,1	4,91	2,7	2,17	0,36
25			4,83	5,53	6,22	6,44	7,14	7,3	6,09	3,4	2,2	0,35
31			6,8	8,08	9,08	9,7	10,36	10	8,24	3,82	2,4	0,39
35			8,88	10,29	11,22	11,73	12,54	11,88	9,2	4,1	2,86	0,37
39			9,9	12,86	13,86	15,20	16,20	14,9	9,81	3,86	2,85	0,39
45	20	16,95	13,32	16,2	18,5	21,3	20	17,25	10,14	3,76	2,78	0,46

Wir finden hier das Maximum der Anziehung von der Dicke von $\frac{5}{16}$ " mit zunehmender Stromstärke bis auf $\frac{9}{16}$ " kommen. Bei 39° ist die Anziehung des Ankers von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser gleich der des Ankers von 1", und bei 45° zieht der von 1" 3,18 Pfd. mehr als jener.

Betrachten wir nun noch die Werthe, welche sich ergeben bei Anker von 9" und von 12" Länge:

XVII. Anziehung der Anker von 9" Länge.

Stromstärke.	Durchmesser der Anker.							
	1"	$\frac{12}{16}$ "	$\frac{10}{16}$ "	$\frac{9}{16}$ "	$\frac{8}{16}$ "	$\frac{6}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "
20°	4,43	4,87	5,46	5,6	6,78	6,58	6	3,5
25	6,86	7,14	7,96	9,04	9,62	9,36	7,14	3,71
31	11,25	11,58	12,84	13,56	13,68	12,48	9,38	4,24
35	13,8	15,5	17,82	19,05	18,95	14,9	10,14	4,35
39	18,2	19,3	20,65	21,95	21,10	16,1	10,35	4,51
45	20,05	23,5	25,5	28,8	25,55	19,4	11,07	4,77

XVIII. Anziehung der Anker von 12" Länge.

Stromstärke.	Durchmesser der Anker.						
	$\frac{12}{16}$ "	$\frac{10}{16}$ "	$\frac{8}{16}$ "	$\frac{6}{16}$ "	$\frac{5}{16}$ "	$\frac{3}{16}$ "	$\frac{1}{16}$ "
20°	4,69	5,8	6,82	7,24	6,52	3,28	2,02
25	8,6	9,33	10,83	10,26	8,54	3,75	2,5
31	12	14,76	16,15	13,8	9,84	4,3	2,65
35	18,3	19,2	19,6	15,65	10,8	4,36	2,81
39	19,75	22,8	24,8	17,02	10,77	4,54	2,65
45	28,87	33,41	27,5	18,65	11,73	4,84	2,94

Bei den 9" langen Anker überschreitet, wie bei denen von 6" Länge, das Maximum nicht die Dicke des Ankers von $\frac{9}{16}$ "; aber schon von 31° ab zieht der Anker von 1" Durchmesser mehr als der von $\frac{5}{16}$ ", und von 39° an mehr als der von $\frac{6}{16}$ " Durchmesser.

Bei der Länge des Ankers von 12" endlich geht das Maximum von $\frac{6}{16}$ " bis auf den von $\frac{10}{16}$ " Durchmesser, und wir sehen auch hier, daß bei noch größerer Intensität sich das Maximum noch weiter zu den dickern Anker wenden würde; denn es stehen fast die von $\frac{12}{16}$ " und $\frac{8}{16}$ " Dicke gleich. Die Anker von $\frac{5}{16}$ ", wie die von noch geringerem Durchmesser, bleiben weit hinter den andern zurück, da

sich hier, wie schon früher nachgewiesen, das Maximum der Anziehung überhaupt eingestellt hat, dem sie sich durch ganz allmähliges Zunehmen immer mehr genähert haben.

Der Anker von $\frac{2}{16}$ " Durchmesser nimmt im Ganzen wenig zu und hat sein Maximum bei 4" Länge und der Stromesintensität von 45° , wo er 3,12 Pfd. zieht. Der Anker von $\frac{1}{16}$ " Durchmesser zeigt bei 2" Länge und der Stromstärke 20" dieselbe Anziehung wie bei 6" Länge und 45° Stromstärke, immer um $\frac{1}{2}$ Pfd. herum.

Alle diese Untersuchungen sind angestellt mit einem Magneten, dessen Durchmesser 1" und dessen Länge 12". Es war also mit Ausnahme der beiden Fälle in der Versuchsreihe XVI keiner der Anker stärker als der Magnet, und unter diesen Bedingungen haben wir nun gefunden:

- 1) »Anker, welche dünner sind als der Magnet, nehmen mit der Abnahme ihres Durchmessers bis zu einer bestimmten Dicke an Anziehungskraft zu.«
- 2) »Stellen wir die Durchmesser der Anker als Abscissen und die anziehenden Kräfte als Ordinaten dar, so entstehen Kurven, deren Maximum sich um so mehr zu den dünnern Ankern neigt, je kürzer diese sind und je geringer der Strom ist.«
- 3) »Das Maximum nähert sich um so mehr dem dickern Anker, je stärker der Strom wird und je länger der Anker, d. h. je größere Masse derselbe hat bei gleichem Durchmesser.«

Wir sehen hieraus, daß es für die Praxis von Wichtigkeit ist, welchen Durchmesser der Anker bei bestimmter Länge hat, um das Maximum der Anziehung zu erhalten. — Es wäre z. B. ein Fehler, wenn man, um einen cylindrischen Anker von 4" Länge von einem 1" dicken Magnet anziehen zu lassen, jenen von 1" Durchmesser nähme. Man hätte fast nur die Hälfte der Kraft als bei einem cylindrischen Anker von $\frac{3}{8}$ " Durchmesser.

Es folgt ferner daraus, daß, wenn man von der Anziehung, die ein Magnet geübt hat, eine klare Vorstellung haben will, angegeben seyn muß, welche Form der Anker hatte,

den er angezogen hat; denn derselbe Magnet kann bei derselben Länge, demselben Durchmesser und derselben magnetisirenden Kraft das eine Mal 8 bis 10 Mal so viel ziehen als ein anderes Mal. Nehme ich z. B. einen Anker von 2" Länge und 1" Durchmesser, wird dieser von einem Magneten von 12" Länge und 1" Durchmesser mit 336 Umwindungen bei einer Stromstärke von 39° Ablenkung mit einer Kraft von 3,63 Pfd. gehalten, so wird dagegen ein Anker von 12" Länge und nur $\frac{1}{2}$ " Durchmesser mit 24,8 Pfd. angezogen.

Hr. Dal Negro sagt ¹⁾: »Die Tragkraft der Hufeisen wächst mit der Masse derselben, ferner mit dem Gewicht der Anker und auch mit der Form der Fläche, mit der diese das Hufeisen berühren.«

Wie sich die Sache bei Hufeisen-Magneten verhält, habe ich nicht untersucht, allein was den Einfluss des Gewichtes bei geradlinigen Magneten anbetrifft, so haben wir jetzt vielfach gesehen, dass man in Bezug auf diese mit demselben Recht das Gegentheil von dem aufstellen kann, was Hr. Dal Negro über jene sagt, wenn nicht noch andere Bestimmungen hinzukommen. — Ich sage mit demselben Rechte, denn es ist außer Zweifel, dass auch das Gewicht der Anker unter den geeigneten Verhältnissen grössere Anziehung bewirkt, wie wir das später an Versuchsreihen noch deutlicher sehen werden.

Ich erlaube mir, hier noch einmal darauf aufmerksam zu machen, wie verschiedene Verhältnisse bei derselben Zunahme der Stromstärke in Bezug auf die Anziehung sich darbieten, wenn wir Anker von verschiedener Dicke nehmen.

Wählen wir z. B. (wir könnten eben so gut eine andere Reihe nehmen) die Anker von 12" Länge bei den Strömen 39° und 45° Ablenkung; die Quadrate ihrer Tangenten sind 16:25. Wir haben dann folgende Verhältnisse:

1) Poggendorff's Annal. Bd. 29, S. 472.

Durchmesser der Anker.	Verhältniß der Anziehung.
3"	198 : 289
	228 : 334
	248 : 275
	17 : 19
	108 : 117
	45 : 48
	26 : 29

Nehmen wir das vorn ausgesprochene Gesetz, welches sich in 30 Versuchsreihen bestätigt, als wahr an, »dafs mit der Zunahme der Stromstärke das Maximum der Anziehung nicht bei dem Anker von derselben Dicke bleibe,« dafs also hier bei dem Anker von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser bei einer Stromstärke von 39° das Maximum der Anziehung ist, dagegen bei 45° Ablenkung bei dem Anker von $\frac{3}{8}$ " Durchmesser, so folgt daraus ganz klar, dafs das Gesetz:

»die Anziehung verhalte sich wie die Quadrate der Ströme,« nicht richtig seyn kann. Denn wäre das Verhältniß 228:334 das richtige, so müßte das mit dem Anker von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser 248:275 unbedingt zu eng seyn, und wäre das Letztere richtig, so wäre das Erstere ohne Frage zu weit.

Einfluß der Dicke der Anker bei verschiedener Dicke der Magnete.

Alle bisherigen Versuche sind mit einem und demselben Magnete angestellt.

Es fragt sich: »Wie verhält sich die Anziehung der Anker bei verschiedener Dicke der Magnete?«

Die HH. Lenz und Jacobi haben durch Messen des Inductionsstromes und den Schluss, dafs der erregte Magnetismus proportional sey dem durch Abreißen der Anker erregten Inductionsstrom ¹⁾, gefunden:

»Bei massiven Eisencylindern von gleicher Länge und von mehr als $\frac{1}{8}$ " Durchmesser sind die durch galvanische Ströme von gleicher Stärke und durch Spiralen von glei-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 47, S. 230.

cher Anzahl Windungen ertheilten Magnetismen den Durchmessern dieser Cylinder proportional¹⁾).

Hr. Jacobi schließt daraus, daß
»die Tragkräfte dieser Cylinder sich ebenfalls wie die Durchmesser verhalten werden«²⁾).

Nimmt man diesen Satz als wahr an, so kann man schon im Voraus sagen, welches die Anziehung eines und desselben Ankers seyn müsse, wenn man Magnete von verschiedener Dicke nimmt.

Die vorhergehenden Versuche aber, welche zeigten, daß Anker von geringerer Dicke mehr ziehen als stärkere, ließen mich an der Wahrheit dieses Satzes zweifeln. Ich habe daher 2 Magnete, einen von $\frac{1}{2}$ " und einen von $\frac{5}{16}$ " Durchmesser und 12" Länge angewandt, und zwar habe ich beide in eine Hülse von Holz gesteckt, deren Durchmesser 1" war, damit ich über diese nun die früheren Spiralen so stecken konnte, daß die Magnete gehörig in der Mitte stehen.

XIX. Anziehung eines Magneten 12" lang $\frac{1}{2}$ " dick bei einer Stromstärke 20°.

Anker.	2" lang.	4" lang.	6" lang.	9" lang.	12" lang.
1" dick.	2,44	4,4	5,42	6,62	
$\frac{3}{4}$ -			4,76	5,58	5,92
$\frac{11}{16}$ -	2	3,37	4,98		
$\frac{9}{16}$ -				5,32	5,92
$\frac{7}{16}$ -	2		4,85	5,38	
$\frac{5}{16}$ -	1,88	3,69	4,74	5,32	
$\frac{3}{16}$ -	1,91	3,46	4,8	5,6	6
$\frac{1}{16}$ -	1,84	3,5	4,5	5	5,1
$\frac{1}{32}$ -	1,72	3,07	2,9	3,43	3,4
$\frac{1}{64}$ -	0,95	2,09	2,22	2,41	2,44

Vergleichen wir diese Resultate mit denen, wo der Magnet 1" Durchmesser hatte (No. XIV, XV, XVI, XVII, XVIII), so finden wir die merkwürdige Erscheinung:

»die meisten Anker, welche stärker sind als der Magnet, werden mit größerer Kraft von dem schwächeren Magnete angezogen.«

1) Poggendorff's Annal. Bd. 61, S. 262.

2) Poggendorff's Annal. Bd. 61, S. 264.

Dies tritt um so deutlicher hervor, je größer die Masse der Anker wird.

XX. Anziehung eines Magneten 12" lang $\frac{1}{2}$ " dick, bei der Stromstärke 45°.

Anker.	2" lang.	4" lang.	6" lang.	9" lang.	12" lang.
1" dick.	9,04	13,98	16,55	19,6	20,4
3/4"	-	-	14,5	17,8	18,4
3/8"	-	-	-	17,22	17,25
1/2"	7,44	12,39	14,85	17,32	-
1/4"	7,35	11,59	14,4	15,32	17,05
1/8"	7,57	9,87	10,69	11,07	11,85
1/16"	4,19	4,21	4,75	4,98	-
1/32"	2,75	3,3	3,07	2,95	-

Vergleichen wir diese Reihen mit denen bei einem 1" starken Magnet, so finden wir, daß die längeren Anker (also die von größerer Masse) mit größerer Kraft von dem stärkern Magneten angezogen werden; daß ferner auch bei kürzern Ankern diejenigen mehr von den starken Magneten gehalten werden, in deren Nähe das Maximum der Anziehung überhaupt ist, wogegen die stärksten Anker wieder mehr von dem schwächern Magneten gehalten werden.

Ähnliche Resultate erhalten wir bei der Anziehung des Magneten von $\frac{5}{16}$ " Dicke. Ich habe ihn ebenfalls angewandt bei einem Strom von 20° und 45° Ablenkung.

XXI. Anziehung eines Magneten von 12" Länge und $\frac{5}{16}$ " Dicke.

a) Bei der Stromstärke 20°.

Anker.	2" lang.	4" lang.	4" lang.	9" lang.	12" lang.
1" dick.	2,88	4,25	4,88	5,28	6,94
3/4"	-	-	4,08	4,51	5
3/8"	2,47	3,89	4,3	4,47	4,45
1/2"	2,39	3,68	4,02	4,72	4,7
1/4"	2,02	3,38	3,81	4,3	4,4
1/8"	2,05	3,26	3,58	3,34	-
1/16"	1,76	2,72	2,78	3,21	3,16
1/32"	1,27	2,15	2,07	2,18	2,27

XXII. b) Bei der Stromstärke 45°.

Anker.	2" lang.	4" lang.	6" lang.	9" lang.	12" lang.
1" dick.	5,42	6,88	7,52	7,79	6,94
3/4"	-	-	6,41	7,5	7,1
3/8"	-	-	-	7,26	7,35
1/2"	4,3	6,15	6,56	6,93	7
1/4"	3,94	5,17	6,09	6,6	6,64
1/8"	3,19	5,38	5,78	6,1	-

Diese Versuche widersprechen den von HH. Lenz und Jacobi aufgestellten Sätzen direkt. Nicht allein, daß das Verhältniß zwischen der Anziehung und dem Durchmesser des Magneten annäherungsweise nicht richtig ist, sondern es sind viele Reihen vorhanden, wo gerade das Umgekehrte stattfindet. Ich erlaube mir hier, nur die Versuchsreihen der 3 verschiedenen Magnete von 1", $\frac{1}{2}$ " und $\frac{5}{16}$ " Durchmesser, bei der Stromstärke 20° mit einem Anker von 1" Dicke angestellt, aufzuführen:

XXIII.

Anker.	Magnete		
	1" dick.	$\frac{1}{2}$ " dick.	$\frac{5}{16}$ " dick.
2" lang.	1,23	2,44	2,88
4 -	2,38	4,4	4,25
6 -	3,27	5,42	4,88
9 -	4,43	6,62	5,28
12 -		7,74	6,94

Wir sehen hieraus: »die Anziehung der Magnete verhält sich keinesweges wie ihre Durchmesser.« Wir können unter Umständen sogar das Gegentheil behaupten. Ein halb so dicker Anker zieht doppelt so viel als der andere. Man nehme nur die erste Reihe. Dort verhält sich die Anziehung des 1" dicken Magneten zu dem von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser wie 1,23 Pfd. : 2,44 Pfd.

Wenn nun die HH. Lenz und Jacobi eine vollkommene Proportionalität des Inductionsstromes mit dem Durchmesser der Anker fanden, denn diess haben sie ja nur direkt gemessen, so sehen wir daraus, daß die bei den Versuchen gemachte Annahme:

»die Anziehung verhalte sich wie der durch Abreißen der Anker erregte Inductionsstrom,« nicht richtig seyn könne.

Vergleichen wir die anziehenden Kräfte in Bezug auf die Stromstärke, die auf den Magnet wirkt, so finden wir, daß, während bei dem stärksten Magneten die Anziehung mit der Stromstärke bedeutend wächst, diess nicht in demselben Maasse bei den schwächeren Magneten geschieht, woher denn natürlich bei wachsender Stromstärke das

Maximum der Anziehung zu dem stärksten Magneten kommen muß.

Wir sehen hier bei den Magneten eine den Ankern analoge Erscheinung und finden also:

»Bei zunehmender Stromstärke wendet sich das Maximum der Anziehung zu den dickeren Eisencylindern, mögen diese Magnet oder Anker seyn.«

Um zu zeigen, daß die Zunahme der Masse der Anker bei gleichem Magnet auch eine größere Anziehung bewirke, habe ich noch 2 Anker angewandt, welche $1\frac{1}{2}$ " und 2" Dicke und 6" Länge haben. Es ergab sich:

XXIV. Anziehung der Anker 2" und $1\frac{1}{2}$ " dick und 6" lang bei 20° Stromstärke.

Magnet.	Anker		
	2" dick.	$1\frac{1}{2}$ " dick.	1" dick.
1" dick.	4,4	3,7	3,27
$\frac{1}{2}$ "	8,5	6,36	5,42
$\frac{1}{16}$	5,6	5,36	4,88

XXV. Anziehung der Anker 2" und $1\frac{1}{2}$ " dick und 6" lang bei der Stromstärke 45°.

Magnet.	Anker		
	2" dick.	$1\frac{1}{2}$ " dick.	1" dick.
1" dick.	20	16,95	13,32
$\frac{1}{2}$ "	17,92	17,35	16,35
$\frac{1}{16}$	7,24	6,58	7,52

Wir sehen, wie die Anker von größerer Masse in den meisten Fällen mehr ziehen als die dünneren, ferner auch, wie bei geringerer Stromstärke dünnere Magnete auch hier eine größere Anziehung äußern als dicke, und endlich daß mit Zunahme der Stromstärke das Maximum der Anziehung zu den dicken Magneten übergeht. Aus den Versuchsreihen dieses Kapitels ist bei einem Vergleich der Schwere der Anker mit der des Magneten deutlich zu ersehen, daß der neuerdings von Hrn. Barral aufgestellte Satz (*Comptes rendus* T. XXV, p. 757): »das Maximum der Anziehung findet statt, wenn der Anker dieselbe Schwere hat als der

Magnet, „nicht begründet ist. Es beweisen diefs besonders die Reihen in No. XXI, XXII, XXIII; denn obgleich in No. XXIII der $\frac{5}{16}$ “ dicke Magnet, welcher 12“ lang ist, bei weitem von geringerem Gewicht ist als der 9“ lange und 1“ dicke Anker, so zieht dieser Anker doch mehr als alle kürzeren, also auch mehr als der 4“ und 2“ lange, zwischen welchen beiden die Schwere des Magneten liegt. Derselbe Beweis wird auch durch die Versuchsreihe IV, V, VI, VII geliefert.

Um endlich zu beweisen, dafs der Satz:

„Anker, welche dünner sind als der Magnet, nehmen mit der Abnahme ihres Durchmessers bis zu einer bestimmten Dicke an Anziehungskraft zu,“ (S. 484 No. I) nicht allein bis zu einem 1“ dicken Magneten, sondern auch für noch viel stärkere gelte, habe ich mich eines Magneten von 12“ Länge und $1\frac{3}{4}$ “ Durchmesser bedient. — Liefs ich durch diesen Magneten ebenfalls die früheren Anker von 6“ Länge und 2“ bis $\frac{1}{16}$ “ Durchmesser anziehen, so erhielt ich folgende Resultate.

Ich habe diesen diejenigen mit dem Magnet von 1“ Dicke, des leichtern Vergleichs wegen, beigelegt:

XXVI. Anziehung eines Magneten 12“ lang $1\frac{3}{4}$ “ dick.

Anker 2“ dick.	Magnet $1\frac{3}{4}$ “ dick.	Magnet 1“ dick.
- $1\frac{3}{4}$ -	3,53	
- 1 -	3,8	
- 1 -	4,56	4,83
- $\frac{3}{4}$ -	5,5	5,53
- $\frac{11}{16}$ -	6,34	6,22
- $\frac{9}{16}$ -	7,24	6,44
- $\frac{7}{8}$ -	7,32	7,14
- $\frac{5}{8}$ -	7,82	7,3
- $\frac{3}{8}$ -	5,6	6,09
- $\frac{1}{2}$ -	3,18	3,4
- $\frac{1}{4}$ -	2,1	2,2
- $\frac{1}{16}$ -	0,4	0,35

Obgleich diese Versuchsreihen bei derselben Stromstärke angestellt sind, so können wir die des $1\frac{3}{4}$ “ starken Magneten und die des 1“ starken in Bezug auf die Größe der einzelnen Werthe doch nicht genau mit einander vergleichen, da die Spirale bei dem $1\frac{3}{4}$ “ dicken eine andere war, und

auch eine andere Anordnung um den Magneten stattfand, als bei den Versuchen mit dünneren Magneten.

Wir sehen aber daraus, daß bei dickeren Magneten das Maximum der Anziehung bei derselben Dicke der Anker bleibt und nicht etwa zu dickeren Ankern übergeht, daß also überhaupt, wenn ungefähr dieselbe Anziehung stattfindet, die Dicke des Magneten die früheren Sätze über das Maximum der Anziehung nicht verändert.

Anziehung der Anker von verschiedenem Durchmesser bei verschiedener Länge der Magnete.

Wir wissen aus den Versuchen der HH. Lenz und Jacobi, daß sich die Anziehung verhalte wie die Anzahl der Spiralwindungen bei denselben Strömen und demselben Eisenkern. Es fragt sich nun aber, ob die verschiedene Länge eines Eisenkerns nicht bewirke, daß das Maximum der Anziehung zu Ankern von anderer Dicke gelange, als dies bei einem Magnet von 12" gewesen?

Ich habe, um dies zu untersuchen, einen Magneten von 18" Länge und 1" Durchmesser genommen und die Spirale bis an den Pol, welcher den Anker hielt, geschoben. Der Magnet stand also auf der entgegengesetzten Seite 6" aus der Spirale hervor.

Mit den 6" langen Ankern erhielt ich folgende Resultate:

XXVII. Anziehung eines Magneten 1" dick 18" lang.

Stromstärke.	Dicke der Anker.						
	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅓"	⅙"
20°	5,98	4,78	5,1	6	6,88	7,4	5,9
35	20,18	14,25	14,57	19,47	19,62	15,2	9,42

War der Magnet 18" lang und ⅙" Durchmesser, so ergab sich:

XXVIII. Anziehung eines Magneten ⅙" dick 18" lang.

Stromstärke.	Dicke der Anker von 6" Länge.						
	2"	1½"	1"	¾"	½"	⅓"	⅙"
35°	6,02	6,34	6,05	6	5,43	5,5	5,56

Wir ersehen aus diesen Resultaten, wenn wir sie mit den entsprechenden Versuchsreihen der Magnete von 12" Länge vergleichen, *dafs sich bei gröfserer Länge des Eisenkerns die Anziehung selbst vergrößert*, *dafs also ein längerer Eisenkern dasselbe thut als gröfsere Stromesintensität*, und *dafs demgemäfs auch das Maximum der Anziehung sich zu dem Anker wenden mufs, welcher seinem Durchmesser nach einer solchen anziehenden Kraft entspricht*. So sehen wir z. B. die anziehenden Kräfte bei dem Magneten von 1" Dicke bei der Stromstärke 20° ungefähr denen bei dem 12" langen Magneten bei der Stromstärke 25° entsprechend, weshalb auch hier, wie dort, das Maximum bei dem $\frac{3}{8}$ " starken Anker ist.

Einfluss der Gröfse der Berührungsfläche.

Die bisher angestellten Untersuchungen haben uns gezeigt, wie das Maximum der Anziehung nicht bei den dicksten Ankern sey und wie auch dünnere Magnete unter bestimmten Verhältnissen mehr ziehen als dicke.

Dies läfst doch schliessen, *dafs die Gröfse der Berührungsfläche von Einfluss seyn dürfte*. — Nun habe ich schon vorn bemerkt, *dafs bei geringerer Gröfse der Berührungsfläche leichter eine vollkommene Berührung herzustellen sey, als wenn diese grofs ist*. Hiernach könnte man Zweifel in die Genauigkeit der Versuche setzen und sagen, wenn die dickeren Anker den Magnet genauer berührt hätten, so wäre vielleicht auch dort gröfsere Anziehung gewesen. Dieser Zweifel wird jedoch dadurch gehoben, *dafs ich, obgleich (wie sich von selbst versteht) viel geringere Anziehung, doch dieselben Resultate in Bezug auf das Maximum der Anziehung erhalten habe, als ich zwischen die Berührungsflächen des Ankers und Magneten ein Kartenblatt legte*. Hätte das vorn angegebene Maximum in der fehlerhaften Berührung seinen Grund gehabt, so wäre dieser Fehler bei nicht unmittelbarer Berührung so hervorgetreten, *dafs dann das Maximum der Anziehung bei den dickeren Ankern und Magneten gewesen seyn würde*.

Wenn nun dieser angestellte Versuch zeigt, daß nicht mangelhafte Berührung Grund jener auffallenden Erscheinung sey, so veranlaßt es uns um so mehr zu der Frage: »Findet keine Veränderung in Bezug auf die Anziehung statt, wenn ein Anker dieselbe Masse behält und sich seine Berührungsfläche ändert?«

Ich habe, um darüber Aufschluß zu erhalten, 2 Anker geprüft, welche 1" und 2" dick waren und sich einen Zoll von der Berührungsfläche ab konisch verjüngten, so daß der 1" dicke Anker nur eine Berührungsfläche von $\frac{1}{2}$ " Durchmesser und der 2" dicke eine von 1" Durchmesser hatte.

Diese Anker habe ich von den drei früher angewandten Magneten von 12" Länge und 1", $\frac{1}{2}$ " und $\frac{5}{16}$ " Dicke anziehen lassen und erhielt bei einer Stromstärke von 20^o folgende Resultate:

XXIX. a) Anziehung des 1" starken Magneten.

Durchmesser der Anker.	Conische Anker.	Cylindrische Anker.	
1"	7 Pfd.	Ank. 1" dick: 3,27	Ank. $\frac{1}{2}$ " dick: 4,76
2	4,7 -	- 2 - 4,4	- 1 - 3,27

b) Anziehung des $\frac{1}{2}$ " starken Magneten.

Durchmesser der Anker.	Conische Anker.	Cylindrische Anker.	
1"	6,28	Ank. 1" dick: 5,42	Ank. $\frac{1}{2}$ " dick: 4,74
2	6,48	- 2 - 7,46	- 2 - 5,42

c) Anziehung des $\frac{5}{16}$ " starken Magneten.

Durchmesser der Anker.	Conische Anker.	Cylindrische Anker.	
1"	4,55	Ank. 1" dick: 4,88	Ank. $\frac{1}{2}$ " dick: 4,02
2	4,99	- 2 - 5	- 1 - 4,88

Die beiden Columnen, welche »cylindrische Anker« überschrieben sind, enthalten die Anziehung derjenigen Anker, von denen der erste dieselbe Dicke, der zweite dieselbe Berührungsfläche wie die conischen haben.

Wir sehen aus diesen Reihen, daß sich das Verhältniß der anziehenden Kräfte als ein ganz anderes herausstellt

als bei den Cylindern. Es tritt dies sogleich am deutlichsten in der ersten Reihe hervor, wo der 1" dicke Anker 7 Pfd. zieht, wenn seine Berührungsfläche $\frac{1}{4}$ " Durchmesser hat, wogegen der nicht-conische 1" starke nur 3,27 Pfd. und der einen halben Zoll starke 4,67 Pfd. Anziehung zeigt.

Aehnliche Resultate stellten sich heraus bei gröfserer Stromstärke. Ich habe den Versuch angestellt mit einem 18" langen und 1" starken Magneten bei einer Stromstärke von 35°.

XXX. Anziehung eines 18" langen und 1" dicken Magneten.

Durchmesser der Anker.	Conische Anker.	Cylindrische Anker.	
1"	23,2	Ank. 1" dick: 14,57	Ank. $\frac{1}{4}$ " dick: 19,62
2	16,5	- 2 - 20,18	- 1 - 14,57

Wir bemerken auch hier, dafs der Anker, welcher 1" dick ist und nur eine $\frac{1}{4}$ " grofse Berührungsfläche hat, am meisten zieht, und zwar ist die Differenz sehr bedeutend; denn während dieser mit 23,2 Pfd. gehalten wird, ist die Anziehung des nicht-conischen nur 14,57 Pfd.

Stellen wir nun diese Erscheinungen mit den früheren zusammen, so finden wir:

1) »Die Anziehung, welche auf Anker ausgeübt wird, richtet sich nach der Gröfse ihrer Berührungsfläche.«

Daraus folgt, dafs die vorn angeführten Anker, bei denen das Maximum der Anziehung war, nicht wegen ihres Durchmessers überhaupt, sondern wegen des Durchmessers ihrer Berührungsfläche das Maximum der Anziehung zeigten.

2) »Bei gleich grofser Berührungsfläche zieht der Anker am meisten, welcher die gröfste Masse hat.«

Wir sehen dies, aufser an den Ankern für sich, auch recht deutlich dann, wenn wir einen Magneten anwenden, dessen Polfläche kleiner ist als die des Ankers. Alsdann kommt es nicht mehr auf die Ankerfläche an, weil ja dann durch sie die Fläche, innerhalb welcher Berührung statt-

findet, nicht größer wird. — Daher sehen wir in den vorhergehenden Reihen (XXIX. b und c) bei den Magneten, welche nur $\frac{1}{2}$ " und $\frac{5}{16}$ " Durchmesser haben, immer diejenigen Anker am meisten wirken, welche die größere Masse haben, ganz gleichgültig, wie groß die Endfläche des Ankers ist. Der in dem Abschnitt über die Dicke der Anker ausgesprochene Satz (S. 484 No. 1), daß das Maximum der Anziehung bei einem bestimmten Durchmesser der Anker stattfindet, findet hiernach in sofern eine Abänderung, daß wir sagen:

- 3) »Das Maximum der Anziehung tritt bei demselben Magneten und derselben Masse des Ankers bei einer bestimmten Größe der Berührungsfläche ein.«

Wenn wir also sagen: Anker, welche dünner sind als der Magnet, nehmen mit der Abnahme ihres Durchmessers bis zu einer bestimmten Dicke an Anziehungskraft zu, so können wir diesen Satz ganz so stehen lassen, nur daß die Abnahme des Durchmessers nicht auf den ganzen Anker, sondern auf dessen Berührungsfläche bezogen wird. — Eine bestimmte Masse hat also eine bestimmt große Berührungsfläche, bei welcher sie mit dem Maximum der Kraft gehalten wird. Wächst nun die Masse des Ankers, oder nimmt die Kraft des Magneten zu, so wächst die Größe der Anziehung und mit ihr die Größe der Berührungsfläche; allein viel langsamer als die Masse des Ankers oder eine dieser entsprechende vergrößerte Anziehung des Magneten; denn aus den Versuchen XIV, XV, XVI, XVII, XVIII ist zu ersehen, daß zwischen einer anziehenden Kraft von 1 Pfd. bis $33\frac{1}{2}$ Pfd., was theils durch größere Masse der Anker, theils durch größere Stromesintensität bewirkt wird, die Größe der Berührungsfläche, bei der das Maximum der Anziehung ist, nur variiert zwischen $\frac{5}{16}$ " und $\frac{1}{16}$ " Durchmesser.

Aus dieser Abhängigkeit der Anziehung von der Größe der Berührungsfläche erklärt sich nun auch die anscheinend so abnorme Thatsache, daß dünnere Magneten mehr ziehen als dicke. Sie haben die für das Maximum der Anziehung günstigere Berührungsfläche.

So ergibt sich dann:

- 4) »Die Anziehung eines Ankers ist bei gleicher magnetischer Kraft abhängig von der Masse und der Gröfse der Berührungsfläche.«

Ich erlaube mir hier nochmals darauf hinzuweisen, dafs eine Angabe, wieviel ein geradliniger Magnet zieht, ohne ganz genaue Bestimmung des Ankers, mit welchem diese Anziehung hervorgebracht wurde, durchaus garnichts Bestimmtes giebt. — Und wenn ich vorn zeigte, dafs durch veränderte Anker das achtfache der Kraft hervorgebracht werden kann, so mufs jetzt diese Angabe noch erhöht werden, da wir jetzt Mittel besitzen, durch passende Gröfse der Berührungsfläche und Vermehrung der Masse des Ankers noch gröfseren Effekt hervorzurufen.

Wenngleich wir schon aus den vorhergehenden Erscheinungen schliessen können, dafs auch eine bestimmte Masse eines Elektromagneten das Maximum ihrer Anziehung bei einer bestimmten Gröfse der Berührungsfläche üben wird, so habe ich doch dies noch an einem Beispiel durch den Versuch nachgewiesen. Ich habe den früher angewandten 6" langen Anker von 1" Durchmesser, der sich conisch zu einer $\frac{1}{2}$ " grofsen Berührungsfläche verjüngt, als Magneten benutzt, und ihn mit 168 Windungen des früher benutzten Drahtes umgeben. Durch eine Stromstärke von 26° magnetisirt, gab er folgende Resultate:

XXXI. Anziehung eines Magneten 6" lang, 1" dick, mit einer $\frac{1}{2}$ " grofsen Berührungsfläche.

Durchmesser der Anker.	2"	1 $\frac{1}{2}$ "	1"	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	$\frac{5}{16}$ "
Anziehung.	5	4,8	3,2	3,25	3,4	3,25	

Stellen wir damit die Anziehung der beiden entsprechenden cylindrischen Magneten zusammen, von ebenfalls 6" Länge, von denen der eine 1" und der andere $\frac{1}{2}$ " Durchmesser hat, so finden wir den bedeutenden Einfluss der Gröfse der Berührungsfläche auch bei den Magneten:

XXXII. Anziehung der Magnete von 6" Länge und 1" und $\frac{1}{2}$ " Dicke bei 26° Stromstärke.

Cylindrische Magneten.	Durchmesser der 6" langen Anker.					
	2"	1 $\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	$\frac{5}{16}$ "
1" dick.	2,1	1,85	2,3	3,1	3,2	2,95
$\frac{1}{2}$ " -	3,8	3,4	2,8	2,6	2,7	2,6

Wir sehen hieraus nicht nur, wieviel jener conische Magnet mehr zieht als diese, sondern wir finden auch, dafs hier bei den dicken Ankern wieder der dünne Magnet noch mehr zieht als der dicke, wovon wieder die kleinere Berührungszäche der Grund. Wir bekommen das Maximum der Anziehung, wenn wir, wie in No. XXXI, dem dicken Magneten die kleine Berührungsfläche geben. — Kommt die Gröfse der Berührungsfläche nicht mehr in Betracht, nämlich bei den dünnern Ankern, so sehen wir wieder (bei den Ankern von $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " und $\frac{5}{16}$ " Dicke), wie der 1" dicke Magnet mehr zieht als der $\frac{1}{2}$ " dicke, weil er gröfsere Masse hat.

So können wir also ganz allgemein sagen:

- 5) *» Die Kraft, mit der geradlinige Elektromagnete und Anker auf einander wirken, ist bei gleicher magnetischer Kraft abhängig von ihrer Masse und der Gröfse ihrer Berührungsfläche.«*

Wären nun aber diefs die einzigen Bedingungen der Anziehung in Bezug auf den Anker, so würde sich daraus das Gesetz ergeben: *» Anker von gleich grofser Berührungsfläche und gleicher Masse ziehen gleich viel,«* — mag die Form seyn, welche sie will.

Um diefs zu prüfen, habe ich einen Anker von $7\frac{1}{4}$ " Länge und $\frac{3}{4}$ " Durchmesser mit einer $\frac{1}{2}$ " grofsen Berührungsfläche und einen 16" langen und $\frac{1}{2}$ " dicken Anker benutzt, welche beide gleiche Schwere (Masse) hatten, und habe sie anziehen lassen von dem 12" langen, 1" dicken Magneten bei 20° Stromstärke. Anstatt dafs nun hier beide mit gleicher Kraft gehalten worden wären, trug der kürzere 7,2 Pfd., während der längere 8,2 Pfd. hielt. Wir sehen also, dafs

nicht allein die Gröfse der Berührungsfläche und die Masse der Anker das Wirkende bei der Anziehung sind, sondern dafs auch die verschiedene Länge mitwirkt; wemngleich der Unterschied bei Weitem nicht so bedeutend ist, als wenn der $\frac{3}{4}$ " starke Anker auch eine ebenso grofse Berührungsfläche gehabt hätte. Er zog in diesem Falle nur 4,5 Pfd.

Der Satz No. 4 erleidet also noch die Abänderung, dafs wir sagen:

»Die Anziehung eines cylindrischen Ankers ist bei gleichem Magneten abhängig: a) von seiner Masse, b) von der Längenausdehnung und c) von der Gröfse der Fläche, mit welcher er den Magneten berührt.«

II. Nachtrag zum Dellmann'schen Elektrometer; von R. Kohlrausch.

Im 72. Bande dieser Annalen habe ich ein Elektrometer beschrieben, welches zu quantitativen Bestimmungen sich dann vorzüglich eignet, wenn die zu messende Spannung der Elektrizität auferordentlich gering ist. Ich erlaube mir jetzt, einiges nachzutragen, was namentlich für die Anfertigung ¹⁾ des Instrumentes von Nutzen seyn kann, indem eigene Erfahrung mich gelehrt hat, dafs ohne einige Kunstgriffe die feineren Theile des Apparates nicht leicht in der nöthigen Vollkommenheit zu construiren sind. Ich beziehe mich dabei auf den betreffenden Aufsatz im 72. Bande und die zugehörige Fig. 1 der Taf. V, so dafs dort, wenn weiter nichts bemerkt wird, alle Citate gesucht werden müssen.

1) Eine wesentliche Verbesserung besteht darin, dafs statt der Glasröhrchen *c* und *h*, von welchen im §. 2 die Rede ist und welche zum Heben und Senken des Zuleitungsdrahtes und Streifchens dienen, Röhrchen von Messing

1) Der Mechaniker Hr. M. Leyser in Leipzig, welcher in dem dortigen physikalischen Cabinete eins meiner Instrumente zum Muster zu nehmen Gelegenheit hat, ist erbötig, dasselbe zu vervielfältigen.

genommen werden, welche gut in einander eingeschliffen sind. Damit fällt natürlich zugleich das Glasröhrchen weg, in welchem *c* sich bewegt. Wie ich mich überzeugt habe, rühren die auf S. 373 etc. angegebenen Ungenauigkeiten in den Angaben des Instrumentes bei ganz geringen Quantitäten der Elektricität allerdings von der condensirenden Wirkung jener Glasröhrchen her, und fallen fast ganz weg, wenn Metall an die Stelle des Glases tritt. Das Röhrchen *h* bekommt zweckmäfsig eine innere Weite von 4 Linien.

2) Das Schelllack, welches man zum Isoliren aller Theile des Apparates benutzt, mufs möglichst ohne Berührung der Finger angebracht werden. Zu diesen und einigen anderen Manipulationen benutze man folgende Bemerkungen:

3) *Einkitten des Zuleitungsdrahtes.* Zwischen zwei Glasscheiben wird eine in der Hitze erweichte Schelllackmasse zu einem kleinen Kuchen von 1 bis 1,5 Millimeter Dicke abgeplattet und darauf, zwischen reiner Leinwand gehalten, zu einer runden Scheibe geschnitten, welche sich in das Ende des Röhrchens *h* mit einiger Reibung hineindrücken läfst. Für jedes Ende des Röhrchens fertigt man eine solche Scheibe und durchlöchert ihre Mitte mit einem Bohrer von der Stärke des anzuwendenden silbernen Zuleitungsdrahtes. Diefs Durchbohren geschieht vor dem Einsetzen der Scheiben, damit nicht in das Innere feine Lacktheile fallen, welche später sehr unbequem werden könnten. Jetzt setzt man das obere Scheibchen ein, schiebt den Zuleitungsdraht, dessen oberes Ende schon zu der federnden Spirale vorgerichtet ist, durch die Oeffnung, und kittet ihn vermittelt eines erhitzten spitzen Drahtes fest. Auch das obere Scheibchen selbst wird darauf durch diesen Draht mit dem Röhrchen fest verbunden, zu welchem Zwecke man vorher schon den obersten inneren Theil des Röhrchens mit festem Lack in der Hitze dünn überzogen hat. Man darf, wenn man mittelst eines heifsen Drahtes Lackverbindungen vornimmt, nie so starke Hitze anwenden, dafs das Lack dampft. — Das aus dem unteren Ende der Röhre etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll lang hervorragende Ende des Zuleitungsdrahtes

steckt man nun erst durch das zweite Lackscheibchen, kittet letzteres im Röhrchen fest, zieht den Draht etwas an und schmilzt ihn so im Scheibchen fest ein. Zuletzt läßt man in der Flamme sein unteres Ende zu einem kleinen Kügelchen zusammenlaufen, was ihn, wenn er fein genug ist, nicht bis zu dem Schelllack hin übermäfsig erhitzt. Die Dicke dieses Drahtes habe ich so gewählt, dafs 1 Meter 0,2 Gramme wog. Man läßt den Zuleitungsdraht durchweg hart.

4) *Aufkitten des Streifchens auf das Röhrchen c.* Das Streifchen wird aus feinem Silber gearbeitet, 51 Millimeter lang (so dafs es mit jedem der abgerundeten Enden 1,5 Millimeter über den angelegten Wagebalken hinausragt) 2,5 Millim. breit und etwa $\frac{1}{4}$ Millim. dick. Der fast rechteckige Ausschnitt, in welchem der Wagebalken spielt, ist 2 Millim. breit und 1,5 Millim. tief, doch sind die Winkel nicht scharf gebildet. Man kann in einem derselben (nicht in der Mitte des Ausschnittes) mit einer sehr feinen Säge noch tiefer einschneiden, um dann leichter das Ausbiegen der beiden Arme des Streifchens zu bewirken, deren Ebenen bis zu einem Winkel von 20° verschränkt werden. Namentlich da, wo der Wagebalken anschlagen könnte, mufs das Streifchen sehr gut polirt seyn.

Die Lacksäulen *b*, welche die kleinen Füße des Streifchens tragen sollen, habe ich 14 bis 18 Millim. lang und 2 bis 3 Millim. dick genommen. Man mufs bei ihnen, wie bei allen aus Schelllack zu verfertigenden feineren Gegenständen, namentlich auch bei Lackfäden, die Vorsicht gebrauchen, sie durch das Gewicht des bei geringer Hitze halbflüssigen Lacks sich bilden zu lassen, weil sie, wenn sie durch Ziehen und Drücken geformt sind, später bei hoher Stubentemperatur oder in den Sonnenstrahlen sehr leicht ihre Gestalt verändern. Hier läßt man zuerst zwei gleich dicke Säulen von 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll Länge sich bilden, und klebt sie mit den dünneren Enden parallel zu einander so an einen leichten Kork, dafs ihre Entfernung gleich dem Durchmesser des Röhrchens *c* ist, also das Röhrchen *h*

demnächst frei zwischen ihnen sich bewegen kann. Durch einen heißen Draht schneidet man darauf die Säulchen von gleicher Länge, und hat es so in der Gewalt, beide zugleich auf dem Ringe des mäßig erhitzten Röhrchens *c* ¹⁾ in richtiger Stellung festzukitten, was man sich dadurch noch erleichtert, daß man, ehe noch die angeklebten Enden erstarrt sind, das Röhrchen *h* einschiebt. Abermals durch einen heißen Draht schneidet man die oberen Enden der Lackstangen mit dem Korke in der richtigen Höhe weg.

Soll nun das Streifchen aufgeklittet werden, so setzt man den unteren Theil des Apparates (ohne die Seitenwandungen) vollständig zusammen, stellt ihn auf den eisernen, starken Dreifufs, der zu dem Ende drei Vertiefungen hat, und richtet durch die Stellschrauben *s* den getheilten Kreis *k* horizontal. Das Streifchen wird an einem leichten, dazu geschnitzten Holze durch Binden befestigt, das Holz auf einen Kork gesteckt, und dieser auf einen etwa 1 Elle langen, am anderen Ende fest eingespannten, Draht. So kann man durch Biegen des Drahtes und Drehen des Korkes es leicht dahin bringen, daß das Streifchen vollkommen horizontal, mit seinen Füßchen nach unten, über der Mitte des Apparates schwebt. Nachdem nun die oberen Enden der Lacksäulen so durch Schaben mit einem scharfen Messer geebnet sind, daß die mit Lack unten schon dünn überzogenen Sohlen der Füße des Streifchens beide grade aufsitzen, erhitzt man letztere durch eine Drahtgabel gleichzeitig, so daß sie sich fest mit den Lacksäulen verbinden, und löst dann das Streifchen von seinem Holze los. — Daß bei dieser Operation der Ausschnitt des Streifchens

- 1) Das Röhrchen *c* bekommt oben einen aufgelötheten Ring, welcher in der Figur nicht angegeben ist. Er verhütet, daß beim Zusammensetzen des Apparates durch zu tiefes Einschieben des Röhrchens in seine Hülse die Lacksäulen abgesprengt werden. Schelllack haftet an Metall nicht anders, als wenn dieses beim Ankitten sehr stark erhitzt worden ist. Man muß also in diesem und ähnlichen Fällen die Stelle, wo eine Lacksäule angesetzt werden soll, vorher schon mit trockenem oder aufgelöstem Lack bei größerer Hitze versehen haben, wo dann nachher bei mäßiger Erwärmung die Säule schon haftet.

genau in der Mitte des getheilten Kreises zu liegen komme, müßte als reiner Glücksfall betrachtet werden. Deshalb dienen zur genauen Centrirung drei Schrauben, von welchen eine in der Figur neben der Stellschraube *s* abgebildet ist; sie halten das horizontal in einem kleinen Kreise verschiebbare Röhrensystem in der aufzusuchenden richtigen Stellung fest.

5) *Der Wagebalken* erfordert die meiste Uebung und Geschicklichkeit der Hand. Je leichter er ist, desto bequemer werden nachher die Beobachtungen, denn desto kürzere Zeit schwankt er. Ich habe für ihn den zum Zuleitungsdraht benutzten Silberdraht am zweckmäßigsten gefunden, bei dessen Anwendung sein Gewicht 11 bis 12 Milligramme beträgt.

Nachdem der Draht gegläht ist, knickt man ihn in der Mitte ein und legt ihn doppelt. An der eingeknickten Stelle läßt man in einer kleinen Weingeistflamme etwa 6 Millim. des Doppeldrahtes zu einem Kügelchen zusammenlaufen, und zieht nun die freien Enden wieder auseinander, so daß der grade Draht in der Mitte das Kügelchen trägt. Dieses, so wie der Draht auf beiden Seiten, wird durch einen polirten, etwas rundlichen, kleinen Hammer auf glattem Ambos plattgeklopft, so daß der Draht jetzt in der Mitte eine Scheibe trägt, und von hier aus auf jeder Seite 23 Millim. lang platt ist. Unmittelbar bei der Scheibe läßt man, des bequemeren Richtens wegen, den Draht fast rund, und also fast weich, was sich in der Regel von selbst ergibt, wenn man das Kügelchen nur zu einem Kreise von 1,5 Millim. austreibt; weiterhin aber bekommt er eine Breite von etwa 0,4 Millim. An der einen Hälfte der Scheibe soll nachher der Lackfaden angebracht werden; die andere wird mit dem Drahte egal durch Hülfe einer kleinen Scheere weggeschnitten. Den dadurch entstehenden Grad kann man mit Schieferstift wegschleifen, wenn man die Scheibe und den platten Theil des Drahtes zwischen zwei glatte Hölzer klemmt. Man schneidet jetzt auf beiden Seiten die überflüssigen Drahtenden weg, läßt jedoch 2 Millim. des noch

runden Drahtes stehen und davon 1 Millim. in der Flamme zu einem Kügelchen zusammenzulaufen. So ist dann der ganze Wagebalken 48 Millim. lang. Die beiden Enden, nämlich das noch übrige Millimeter des runden Drahtes und das Kügelchen, werden behufs der besseren Visirung oben mit Tusche geschwärzt. Die Hauptsache ist, daß der Wagebalken vollkommen grade erscheint, was man durch den Hammer und eine kleine feine Gabel und Pincette erreichen muß, häufig nach der jetzt folgenden Operation wieder nachhelfend.

Es soll jetzt der Lackfaden am Wagebalken befestigt werden. Zu dem Ende bestreicht man den oberen Rand des halbmondförmigen Scheibchens mit etwas dicker Auflösung von Schelllack, und berührt nahe dabei den Wagebalken mit einem heißen Drahte so oft, bis der Weingeist vollkommen verdampft und das Lack hart geworden ist. Dabei darf aber nichts nach unten fließen, wo nachher der Wagebalken auf dem Streifchen bei Mittheilung der Electricität ruhen soll. Man bildet, wo möglich ohne Ziehen, einen Lackfaden von etwa 2 Zoll Länge und höchstens 0,5 Millim. Dicke, spannt den Wagebalken mit der Mitte des einen Armes in eine kleine, glatte und feststehende Pincette, wodurch man beide Hände frei bekommt, bringt mit der gut gestützten linken Hand den Lackfaden mit seinem Ende an den oberen Rand des Scheibchens und erhitzt mit der rechten durch einen heißen Draht den Wagebalken in der Nähe der Mitte, bis der Faden richtig angeklebt ist. Sollte dieser nicht rechtwinklig zu den Armen des Wagebalkens stehen oder durch die Nähe des heißen Drahtes gekrümmt sein, so kann man dadurch nachhelfen, daß man den Wagebalken genau horizontal so einspannt, daß der Lackfaden nach unten hängt und nun einen größeren erhitzten Körper von unten vorsichtig nähert, wo dann das Gewicht des Fadens die nöthige Wirkung thun wird. Man läßt etwa 1 bis $\frac{5}{4}$ Zoll des Fadens stehen, das Uebrige, was zum Anfassen benutzt war, wird weggeschnitten.

Trotz dieser Beschreibung glaube ich nicht, daß es

gelingen wird, gleich zum ersten Male die zu genauen Messungen erforderliche Symmetrie in diesem kleinen Theile des Apparates hervorzubringen. Sollte die Geduld dabei ausgehen, so bin ich gern erbötig zu Hülfe zu kommen ¹⁾.

6) *Ankitten des Glasfadens.* Den Stift *n* nimmt man heraus, steckt einen kurzen Glasfaden durch das sehr feine, in seiner Axe befindliche Loch, wo er dann in dem in der Figur bezeichneten Ausschnitte des Stiftes erscheint, und klebt ihn hier mit Schelllacklösung unter Anwendung der nöthigen Hitze fest. An diesen kurzen Faden klebt man mit der bekannten, zum Kitten von Glas benutzten, Auflösung von Hausenblase den langen Glasfaden, welcher den Wagebalken tragen soll. Zu dem Ende ist es gut ihn mit einem angeklebten Stückchen Lack zu beschweren, damit er von der Zugluft der Stube nicht umhergeweht werde. Bei allen ferneren Manipulationen muß jetzt der Stift *n* lothrecht gehalten werden, damit der Faden nicht an dem Loche abbreche. Man spannt ihn also, wenn er aus der Hand gelegt werden soll, in eine an einem Stativ befindliche Korkzange. Nachdem man nun die richtige Länge des Fadens abgemessen hat, klebt man den mit einem kurzen Glasfaden schon versehenen Wagebalken ebenfalls an, und braucht nun das Ganze nur noch in das lange Glasrohr zu bringen. Dazu spannt man den oberen Theil des Apparates, nämlich das Glasrohr mit der Spiegelscheibe *l* und deren Fassung, in eine andere Korkzange lothrecht ein, läßt einen nach oben verjüngten Draht an einem Faden durch das Loch, in welchem der Stift *n* gesteckt hat, hinab, schraubt von unten in diesen Draht das obere Ende des Stiftes *n* fest ein, und zieht nun an dem Faden das Ganze in die Höhe, sogleich den Zeiger *z* auf dem Stifte befestigend.

7) *Die Torsionskraft der Glasfäden.* Man kann nicht leicht an so feine Glasfäden gelangen wie sie zu diesen Elektrometern erfordert werden, wenn nicht mit der nöthigen Empfindlichkeit eine ganz unbequeme Länge verbunden seyn soll. Um nicht die Mühe zu haben, nach der voll-

1) Adresse: Dr. Kohlrausch in Rinteln (in Kurhessen).

ständigen Zusammensetzung des Apparates einen unbrauchbaren Faden zu vertauschen, prüft man die Torsionskraft vorher durch Schwingungen einer runden Scheibe oder eines Stabes¹⁾). Bei letzterem vorzüglich ist es unerlässlich, die Zugluft abzuwehren, was am bequemsten geschieht, wenn man den Faden am Stifte n befestigt, unten in ein leichtes angeklebtes Papierschiffchen den 3 Zoll langen, 0,5 Grm. schweren Draht legt (es versteht sich von selbst, daß man keinen eisernen nehmen darf) und die Schwingungen innerhalb des Metallgehäuses des Elektrometers beobachtet. Bei dem Instrumente, welches ich augenblicklich gebrauche, beträgt die Kraft, welche normal an einem Hebel von 1 Par. Linie Länge angebracht, den 217 Linien langen Faden um 90° drehen würde, 0,0124 Milligrm. Die Luftströmungen würden einen noch feineren Faden bei den elektrischen Versuchen gestatten, wie ich denn zuweilen noch geringere Torsionskraft angewendet habe. Bis zur Hälfte dieser Kraft würde man jedoch wohl nicht herabgehen dürfen, wenn man unter Umständen beobachten muß, wo stärkere Luftströmungen zu erwarten sind. Vergleichen wir die Torsionskraft des Fadens mit der eines gleich langen Silberdrahts, wie ihn Riefs bei der Torsionswage²⁾ angewendet hat, so zeigt sie sich 627 Mal geringer. Die des Coconfadens ist noch geringer, jedoch natürlich nach den einzelnen Fäden verschieden. Den feinsten Faden bekommt man, wenn man den Coconfaden in Seifenwasser kocht und

1) Die Formel zur Berechnung der Torsionskraft mag hier zum Gebrauche des Mechanikers, welcher diesen Nachtrag benutzt, Platz finden. Wiegt der dünne, l Linien lange Stab p Milligrm.; beträgt die Dauer einer Oscillation t Sekunden und bezeichnet λ die Länge des Sekundenpendels des Ortes in Linien ausgedrückt (wofür 440,73 gesetzt werden mag), so ist die Kraft n , welche am Endpunkte eines Hebels von 1 Linie Länge normal angebracht, den Faden um 90° Grad um seine Axe drehen würde, in Milligrammen ausgedrückt durch die Gleichung:

$$n = \frac{90}{57,29} \cdot \frac{p l^2}{12 \lambda l^2}.$$

2) Diese Annalen, Bd. 71, S. 384.

nachher spaltet, doch beträgt die Empfindlichkeit eines solchen Fadens nicht mehr als das 20fache des obigen Glasfadens von gleicher Länge. Aus einem Stücke habe ich so feine Glasfäden von der nöthigen Länge noch nicht erhalten können, sondern sie aus den blauen Fäden eines besonders feinen Glaspinsels zusammengesetzt.

8) Von den *Tabellen* (Bd. 72, S. 385) habe ich behauptet, daß sie für alle nur ziemlich nach den angegebenen Dimensionen angefertigten Dellmann'schen Elektrometer brauchbar seyen, wenn man nicht die äußerste Genauigkeit erstrebt. Ich kann diese Behauptung nach meinen späteren Erfahrungen bestätigen. Das Instrument, für welches jene Tabellen aufgestellt waren, ist nicht mehr in meinem Besitze, sondern ich bediene mich eines anderen, bei welchem das Streifen rücksichtlich seiner Breite, der Gestalt der Füße und des Ausschnittes, so wie des Winkels, unter welchem die Arme verschränkt sind, von jenem abweicht. Trotz dessen lassen sich dieselben Tabellen bei ihm recht gut benutzen, wie folgendes Beispiel zeigen mag. Es kam mir bei einigen Versuchen auf größere Schärfe an, und ich bestimmte deshalb nicht nur den Ausschlagswinkel, sondern unmittelbar, nachdem er abgelesen war, sogleich die Torsion des Fadens, welche den Wagebalken auf 30° stellte. Aus diesen Beobachtungen ¹⁾ greife ich ohne Auswahl vier solche heraus, bei welchen ziemlich ungleiche elektrische Spannungen bestimmt wurden, und bemerke nur, daß die drehende Kraft des Luftstroms beim Ausschlagswinkel und bei dem Stande des Wagebalkens auf 30° durch + bezeichnet ist, wenn sie den Winkel zu verkleinern strebte. Diese Versuche lauten:

- 1) Auch in dem Aufsatz: „die elektromotorische Kraft ist der elektroskopischen Spannung an den Polen der geöffneten Kette proportional“ wird man die Resultate nach beiden Methoden bestimmt und angegeben finden. (Dieser Aufsatz wird in einem der nächsten Hefte erscheinen.)

	Ausschlagswinkel.	L.	Torsion zu 30°, L.	L.
<i>a</i>	78,3	— 1,7	902	+ 0,7
<i>b</i>	77	— 1	785	— 0,5
<i>c</i>	52,5	+ 1,5	136	+ 2
<i>d</i>	39,9	+ 2,3	61	+ 2.

Die Quadratwurzeln der nach dem Luftstrom corrigirten Torsionen zu 30° vergleichen die elektrischen Spannungen, und lauten:

I. *a* 30,04 *b* 28,01 *c* 11,74 7,94.

Die Tabelle II liefert nach Berücksichtigung der Luftströmungen zu den Ausschlagswinkeln die Zahlen:

a 16,82 *b* 15,84 *c* 6,69 *d* 4,50

oder wenn man alle diese Zahlen mit 1,768 multiplicirt.

II. *a* 29,74 *b* 28,01 *c* 11,83 *d* 7,96.

Wählen wir aus den Reihen I und II den ungünstigsten Fall, und denken uns, es wäre darauf angekommen, das Verhältniß der Spannung *c* zu der von *a* zu bestimmen, so würde der Gebrauch der Tabellen $a=2,51\ c$ geliefert haben, während die Wurzel aus den Torsionen $a=2,56\ c$ ergab. Welches von beiden das richtigere ist, läßt sich nicht ohne Weiteres behaupten. Bei einer Torsion von 900° verändern 5° mehr oder weniger die Stellung des Wagebalkens so wenig, daß man mit den am Apparate angebrachten Beobachtungsmitteln den Unterschied gar leicht übersieht¹⁾. Der Fehler bei der Bestimmung des Ausschlagswinkels kann ebenfalls leicht 0°,1 betragen. Wollte man, die Gränzen dieser Beobachtungsfehler nicht überschreitend, die Zahlen in den Reihen I und II corri-

1) Hr. Dr. Riefs macht mir den Vorschlag, hierbei ein Mikroskop mit Fadenkreuz neben den Apparat zu stellen, um die genaue Einstellung des Wagebalkens zu bewirken und dadurch die größeren Fehler in der Bestimmung der Torsion zu vermeiden. Ich zweifle nicht, daß man dadurch sehr an Genauigkeit gewinnt, habe aber noch nicht Gelegenheit gehabt den Plan auszuführen. Uebrigens bin ich der Ansicht, daß die äußerste Genauigkeit uns erst dann von wesentlichem Nutzen ist, wenn wir die Gesetze der elastischen Nachwirkung und des Elektrizitätsverlustes bei diesem Elektrometer vollständig kennen gelernt haben werden.

giren, so würde man sie ganz gleich machen können. Die Wahrscheinlichkeit ist, daß die Torsion 785 zu klein, die 902 zu groß genommen wurde, was übrigens schon daher rühren kann, daß die Beobachtungen an zwei verschiedenen Tagen angestellt sind, wo der Elektrizitätsverlust, welcher bei der Bestimmung der Torsion immer viel mehr als bei der des Ausschlagswinkels von Einfluß ist, sehr verschieden seyn konnte. Uebrigens mache ich darauf aufmerksam, daß ich schon früher angegeben habe, wie man sich bei gar zu großen Ausschlagswinkeln, bei denen man der Tabelle nicht mehr traut, zu verhalten habe.

Sollte das Dellmann'sche Elektrometer sich weiter verbreiten und dann die größtmögliche Genauigkeit erstrebt werden, so wird es an der Zeit seyn, manche kleine Vorsichtsmaßregeln mitzutheilen, welche ein langer Gebrauch dieses vorzüglichen Instrumentes mich gelehrt hat, und welche bei der Entwerfung jener Tabellen bereits in Anwendung gebracht sind.

III. *Untersuchung über die latente Schmelzwärme; von Hrn. C. C. Person.*

(Schluß von Seite 429.)

Specifische Wärme des Phosphors im starren Zustande.

Für die specifische Wärme des Phosphors zwischen 10° und 13° hat Hr. Regnault 0,1887 gefunden; allein da der Phosphor dann ziemlich weich ist, so habe ich die specifische Wärme weiter ab vom Schmelzpunkt genommen, zwischen 10° und 20° C., und sie merklich geringer gefunden.

Ich habe, wie beim Eise, das Verfahren der bloßen Erwärmung angewandt, nur war, damit das Temperaturgleichgewicht rascher einträte, der Phosphor, statt in eine Fla-

sche, wie das Eis, in fünf Röhren von sehr dünnem Messingblech eingeschlossen. Er war abgewischt und im Vacuo getrocknet, darauf sogleich in Röhren eingeschlossen worden, die mit einem mit Siegellack überzogenen Pfropfen verschlossen wurden. Die Röhren wurden dann auf einige Minuten in Wasser von 50° C. getaucht, um den Phosphor zu schmelzen, der nun zwei Drittel der Höhe füllte. Bei der Schmelzung bildete sich nur eine sehr geringe Menge Phosphorkupfer; der daraus für die spezifische Wärme etwa entstehende Unterschied ist sicher zu vernachlässigen, vor allem wenn man erwägt, daß die spezifische Wärme der Verbindungen im Allgemeinen sehr wenig abweicht von der der Bestandtheile:

Gewicht der fünf Röhren mit Phosphor	213 ^{grm.} ,67
Röhren mit Pfropfen	53 ,13
	<hr/> 160 ^{grm.} ,54.

Man hat also für das Gewicht des Phosphors, mit Rücksicht auf den Gewichtsverlust in Luft, $m = 160,6$. Das Aequivalent der Röhren ist $52^{\text{grm.}} \times 0,094 = 4,89 = \mu$, unter Vernachlässigung der Pfropfen, die mit einem kleinen Theil der Röhren außerhalb des Calorimeters waren.

Die durch einen Faden zu einem Bündel vereinigten Röhren wurden in ein Besteck eingeschlossen und das Ganze auf zehn Stunden in den Kühlapparat gebracht. Die Angaben der beiden Thermometer, des im Kältegemische und des in der Mitte der Röhren, waren folgende:

Z e i t.	Thermometer im Kältegemisch.	Thermometer im Besteck.
10 ^h 0' Morgens	— $21^{\circ},3$ C.	
12 30 -	— $21,3$	— $21^{\circ},04$ C.
1 5 Abends	— $21,12$	— $21,16$
2 5 -	— $21,12$	— $21,20$

Die Eintauchung geschah bei $2^h 6' 30''$; ich nahm also — $21^{\circ},2$ C. als Anfangstemperatur des Phosphors; und nach der kleinen, für das Eis gemachten Rechnung, in Erwägung, daß hier die Oberfläche größer war, nahm ich 10

Einheiten für die während des Eintauchens empfangene Wärme.

Auf diese Weise hat man, indem man dieselben Bezeichnungen wie für das Eis beibehält:

$$c = \frac{M(T - T') + a + 10}{m(t' - t)} - \frac{\mu}{m}$$

den die Wärme $mc(t' - t)$, welche der Phosphor empfängt, nebst der $\mu(t' - t)$, welche die Röhren empfangen, ist gleich der $M(T - T')$, welche der Calorimeter abgibt, nebst der a , welche von außen kommt, nebst den während des Eintauchens empfangenen 10 Wärme-Einheiten.

Hier wandte man reines Wasser im Calorimeter an, weil man ohne Nachtheil über Null operiren konnte.

Unterhält man die Versuche 10 bis 15 Minuten, unter stetem Umrühren, so kann man sicher annehmen, daß der Unterschied zwischen der Temperatur des Calorimeters und der des Phosphors nicht 0,1 oder 0,2 Grad übersteige.

Hier die Resultate zweier Versuche. Bei dem zweiten blieb der Phosphor drei Stunden im Besteck, und da das Kältegemisch sich wie beim ersten Versuch verhielt, so nahm ich $-21^{\circ},1$ C. als Werth von t . Für die beiden Versuche hat man:

$$M = 1000 \quad m = 160,6 \quad \mu = 4,89.$$

Specifische Wärme des Phosphors zwischen -21° und $+7^{\circ}$ C.

	I.	II.
T	$7^{\circ},941$	$7^{\circ},547$
T'	$7^{\circ},005$	$6^{\circ},629$
a	$3^{\circ},2$	$5^{\circ},4$
t	$-21^{\circ},2$	$-21^{\circ},1$
t'	$6^{\circ},9$	$6^{\circ},5$
c	$0^{\circ},1799$	$0^{\circ},1777$
Dauer	$15',5$	$10'$
Umgebende Temperatur	$7^{\circ},4$	$6^{\circ},5$

Das Mittel aus beiden Versuchen ist $0,1788$.

Schmelzpunkt des Phosphors; spezifische Wärme im flüssigen Zustand.

Man giebt gewöhnlich 43° C. als den Schmelzpunkt des Phosphors an; ich habe beständig 44°,2 gefunden. Es ist zu bemerken, daß der Phosphor sehr leicht eine Ueberschmelzung erleidet; so sinkt er, wenn er ohne viel Vorsicht unter Wasser geschmolzen ist, auf 30° C., ohne seinen flüssigen Zustand zu verlieren.

Um seine spezifische Wärme für den flüssigen Zustand zu erhalten, hat man zwei Versuche anzustellen.

Sey A die Wärme, welche die Gewichtseinheit abgiebt, wenn sie von einer wenig über 44°,2 C. liegenden Temperatur t bis zu einer dem Nullpunkt nahen Temperatur t' erkaltet.

Seyen ferner A_1 , t_1 , t'_1 die analogen Größen beim zweiten Versuch, nur gesetzt, daß t_1 beträchtlich größer als 44°,2 ist. Bezeichnet nun c die spezifische Wärme in der Nähe des Nullpunkts und C dieselbe für den flüssigen Zustand, so hat man offenbar:

$$C = \frac{A_1 - [A + c(t' - t'_1)]}{t_1 - t}.$$

Man verdankt Hrn. Regnault zwei Bestimmungen von A_1 ¹⁾. Nach ihm verliert der Phosphor beim Erkalten von 98°,42 bis 8°,64, 22,6695 Wärme-Einheiten, und, beim Erkalten von 97°,85 bis 10°,64, 21,8322 Einheiten. Um diese beiden Bestimmungen auf gleiche Punkte zurückzuführen, werde ich 0,21 und 0,18 als spezifische Wärmen bei 100° und bei 10° annehmen. Zur zweiten Bestimmung füge ich $0,57 \times 0,21 + 2 \times 0,18 = 0,4797$, was 22,3119 giebt, und so habe ich $A_1 = 22,4907$ Wärme-Einheiten zwischen $t_1 = 98°,42$ und $t'_1 = 8°,64$.

Zur Messung von A , d. h. der Wärme, die der Phosphor von einer wenig über seinem Schmelzpunkt liegenden Tem-

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. II, T. LXXIII, p. 56.* — *Ann. Bd. 51, S. 231.*

Temperatur t an bis zu einer dem Nullpunkt nahen t' abgiebt, habe ich zwei Versuche gemacht.

Ungefähr 250 Grm. Phosphor wurden geschmolzen in einer cylindrischen Flasche von dünnem Messingblech, wie die beim Eise angewandte; in der Axe des Cylinders war ein Thermometer befestigt, mittelst eines kleinen Pfropfens, der mit Siegellack überzogen war, und den Hals der Flasche genau verschloß. Durch Eingießen von heißem Wasser in das innere Gefäß des Kühlapparats hatte man nun ein Bad, das man leicht auf einer sehr nahe festen Temperatur halten konnte, mittelst einer Schiebelampe, deren Abstand und Flamme sich verändern liefs. In dieses Bad, bei etwa 46° C., stellte man die in das Besteck eingeschlossene Flasche, nachdem man den Phosphor in einem etwas wärmeren Bade geschmolzen hatte. Der erste Versuch wurde gemacht, um den Gang des Thermometers im Phosphor kennen zu lernen; bei dem zweiten wurde es fortgenommen, was den Werth von μ vereinfacht.

Es seyen:

M das Aequivalent des vollständigen Calorimeters; T und T' die Temperatur desselben zu Anfang und Ende; a die Wärme, welche es während des Versuchs empfängt; m das Gewicht des Phosphors; t und t' dessen Temperatur zu Anfang und Ende; A die zwischen t und t' von der Gewichts-Einheit abgegebene Wärme; μ das Aequivalent der Flasche und des Thermometers; α die Wärme, welche beide bei der Eintauchung verlieren.

Dann ist klar, *dafs die von dem Phosphor und der Flasche abgegebene, nebst der von aussen gekommenen Wärme gleich ist der vom Calorimeter empfangenen nebst der beim Eintauchen verlorenen Wärme:*

$$m A + \mu(t - t') + \alpha = M(T' - T) + a,$$

woraus:

$$A = \frac{M(T' - T) + a - \alpha - \mu(t - t')}{m}.$$

Um α zu berechnen, bemerke ich, *dafs, da die Flasche, wie das Calorimeter, von dünnem Messingblech und von*

ähnlicher Form war, ihr Verlust für einen selben Temperatur-Ueberschufs und für eine sehr kurze Zeit fast in dem Verhältniß 0,26 der Oberflächen stehen mußte. Bei einem Ueberschufs von 40 Graden, was der gegenwärtige Fall ist, würde das Calorimeter etwa 250 Wärme-Einheiten in der Minute verlieren; und daraus folgt, daß die Flasche in drei Secunden, der Zeit des Eintauchens, beinahe 3,25 Wärme-Einheiten verlieren mußte. Bei dieser Rechnung ist sie, wie das Calorimeter, als unbeweglich vorausgesetzt; allein wegen der Bewegung nehme ich $\alpha = 6$ an. Das Wichtigste in Allem diesen ist, daß α eine sehr kleine Gröfse ist, also ein Fehler in derselben von keinem Belang seyn würde.

Wärme, abgegeben vom Phosphor zwischen t° und t'° .

No. des Versuchs.	I.	II.	III.
M	1000	1000	1000
T	10,410	9,128	9,128
T''	12,661	11,972	11,742
a	-483	-272,8	-507,5
m	236	247,4	247,4
t	46,5	51	51
t'	12,8	12,1	11,9
t''	4,2	2	2
α	6	6	6
Q	11,0106	12,2716	12,3282
Dauer	44',3	49',5	89',0
Umgebende Temp.	10°	10°,4	10°,4

Der zweite Versuch wurde bis zu 89 Minuten fortgesetzt, um den Werth von a , d. h. das Maafs der Erhaltung, zu controliren; es ergab sich hiedurch als von genügender Genauigkeit. Denn von 49',5 bis 89',0 sank das Calorimeter um zwei Abtheilungen, entsprechend 0°,2304; dasselbe hat also, aufser dem Phosphor, 230,4 Wärme-Einheiten verloren. Angenommen der Phosphor sey um 0°,2 erkaltet und seine specifische Wärme bei 12° sey 0,18, so findet man, daß er 9 Wärme-Einheiten verloren hat. Der gesammte Verlust beträgt also 239,4. Die Tafel giebt 234,7, mithin beträgt der Unterschied nur 2 Procent, und sehr möglich ist, daß der Phosphor nicht um 0°,2 gesun-

ken ist, denn da er starr und mitten in der Wassermasse war, so mußte er weniger rasch erkalten als sie.

Nimmt man $c=0,18$ zwischen 8° und 12° , so geben die beiden Werthe von A , mit dem Mittel aus den beiden von Hrn. Regnault gefundenen Werthen von A , combinirt, $C=0,2068$ und $C=0,2022$, wovon das Mittel $C=0,2045$.

Erforderliche Wärme zum Schmelzen des Phosphors.

Bezeichnet man immer durch A die Wärme, welche die Gewichts-Einheit von der etwas über dem Schmelzpunkt τ liegenden Temperatur t bis zu der dem Nullpunkt nahen Temperatur t' verliert, durch C und c die specifischen Wärmen im flüssigen und starren Zustande, so wie durch l die latente Wärme, so hat man:

$$l = A - C(t - \tau) - c(\tau - t').$$

Eben fanden wir $C=0,2045$, und was c betrifft, so haben wir es zwischen -21° und $+7^{\circ}$, d. h. hinreichend entfernt vom Schmelzpunkt, um den Phosphor als wirklich erstarrt zu betrachten, gleich $0,1788$ gefunden. Der zwischen 10° und 30° gefundene Werth muß also, wie Hr. Regnault bemerkt, schon einen Theil der Schmelzwärme einschließen. Wir nehmen hier also $c=0,1788$, und haben solchergestalt, für die beiden Werthe von A , $l=4,926$ und $l=5,142$, wovon das Mittel $l=5,034$.

Die Formel $(160+t)\delta=l$, welche wir zu prüfen beabsichtigen, giebt $l=5,243$, denn $t=44,2$ und $\delta=C-c=0,0257$; der Unterschied beträgt nur $\frac{1}{25}$ des in Rede stehenden Werths.

In der Unwissenheit, in welcher man sich hinsichtlich der latenten Wärme befindet, hätte die Erfahrung 1, 2, 3, 10, 30, 50 Wärme-Einheiten für l geben können, ohne daß man sich über eine Zahl mehr als über die andere wundern dürfte; denn da die latenten Wärmen durch nichts mit einander verknüpft sind, hätte man darin hundert gleich wahrscheinliche Zahlen gehabt. Allein man hat hier eine Formel, die schon die latente Wärme des Wassers giebt, nicht bloß bei Null, sondern auch bei anderen Tempera-

turen, bei denen die Erstarrung beginnen kann, und die inmitten dieser hundert Zahlen eine auswählt, die kaum von der wahren abweicht. Man begreift, daß eine solche Formel eine fortgesetzte Prüfung verdient, und dabei Aussicht ist, ein Naturgesetz in dieser Untersuchung aufzufinden. Provisorisch können wir sagen, wenigstens für das Wasser und den Phosphor, zwei so verschiedene Substanzen, daß die latente Schmelzwärme gleich ist dem Unterschiede der specifischen Wärme im starren und flüssigen Zustande, so oft genommen als Grade zwischen dem gewöhnlichen Nullpunkt und -160° vorhanden sind.

Wir vernachlässigen hier den kleinen Unterschied zwischen dem Werth 5, welchen der Versuch giebt, und dem 5,2, welchen die Theorie liefert. Wären die Unterschiede niemals beträchtlicher, möchten sie wirklich von Beobachtungsfehlern herrühren oder nicht, so würde das Gesetz ohne Schwierigkeit annehmbar seyn. Das Dulong-Petit'sche Gesetz über die specifische Wärme der Atome ist immer als ein Naturgesetz betrachtet worden, ungeachtet der Abweichungen, die Herr Regnault nachgewiesen und gemessen hat.

Man könnte einwerfen, daß, da die specifische Wärme im starren Zustand zwischen -21° und $+7^{\circ}$ gleich 0,1788 gefunden worden, sie bei -21° und darunter kleiner seyn könne. Dieß würde δ vergrößern und dadurch für l ein zu starker Werth entstehen. Hierauf erwiedere ich, daß die specifische Wärme der starren Körper, sobald man in einem gewissen Abstand vom Schmelzpunkt bleibt, ungemein langsam abnimmt. Wenn also der Werth von c , im Moment wo er beinahe fest wird, geringer als 0,1788 ist, so muß der Unterschied sehr klein seyn. Dagegen hätte man weit mehr Gründe zu der Annahme, daß die specifische Wärme im flüssigen Zustand dicht über dem Schmelzpunkt (und dort muß man sie zum Vergleiche nehmen, wie man aus dem physikalischen Sinn der Formel erschen wird) kleiner als 0,2045 sey; dieß würde δ verringern und den theoretischen Werth 5,2 dem von der Erfahrung gegebenen

Werth 5 näher bringen. Allein, ich wiederhole es, selbst stärkere Abweichungen würden hier ohne Belang seyn, und ehe ich untersuche, ob sie wirkliche oder von Beobachtungsfehlern herrührende sind, werde ich nachsehen, ob das Gesetz sich auch für andere Substanzen bestätige.

Schmelzpunkt des Schwefels; specifische Wärme im flüssigen Zustand.

Ueber den Schmelzpunkt des Schwefels ist man nicht einig; die vorhandenen Zahlen schwanken von 108° bis 114° . Indem ich, wie man es muß, als Schmelzpunkt des Schwefels die Temperatur nahm, bei welcher er während des Erstarrens gesteht, fand ich, daß dieser Punkt sich verändert, je nach der Art, wie man den Schwefel, um ihn zu schmelzen, erhitzt hat. Erhitzt man ihn ohne Vorsicht, so sinkt der Schmelzpunkt, wenn die Temperatur über 150° C. steigt; man findet ihn bei 112° oder 110° C., er ist nicht streng fest; zugleich krystallisirt der Schwefel schlecht und nimmt nicht sogleich seine hellgelbe Farbe an, obwohl er nicht bis zum Dickwerden und bis zur Annahme einer rothen oder braunen Farbe erhitzt worden ist. Diese Anomalien vermeidet man, wenn man ihn möglichst wenig erhitzt, doch gerade so stark, um ihn in's Schmelzen zu bringen. Während der Krystallisation bleibt dann das Thermometer, nachdem wegen des nicht eingetauchten Stiels die nöthige Berichtigung gemacht ist, sehr nahe bei 115° C. stehen.

Bekanntlich erleidet der Schwefel in sehr merklicher Weise eine Ueberschmelzung; Faraday hat ihn bei gewöhnlicher Temperatur flüssig gesehen; ich habe ebenfalls diese Beobachtung zu machen Gelegenheit gehabt. Schwefeltropfen, die auf einem bis zu 12° oder 15° C. herabgesunkenen Thermometer zurückgeblieben, waren noch nach mehreren Stunden flüssig und durchsichtig. Durch Berührung mit einem Federbart brachte man sie zum Erstarren. Diefes war Schwefel, der nicht überhitzt worden.

Ich habe die specifische Wärme des flüssigen Schwe-

fels zwischen 120° und 150° C., d. h. bei vollkommener Flüssigkeit desselben, gemessen. Der Schwefel war, wie das Eis und der Phosphor, in cylindrischen Flaschen von dünnem Messingblech enthalten. Diese Flaschen, versehen mit einem Thermometer und eingeschlossen in ein Besteck, wurden in siedenden Lösungen entweder von salpetersaurem Natron oder Chlorcalcium erhitzt. Diese Lösungen sind wegen ihres Siedens, das die Gleichheit der Temperatur verbürgt, dem Oelbade vorzuziehen. Was die noch wichtigere Constanz der Temperatur betrifft, so ist man derselben bei dem salpetersauren Natron ohne Weiteres sicher, denn die gesättigte Lösung dieses Salzes kocht bei 120° C., und wenn sich etwas Salz niederschlägt, ändert sich der Siedpunkt dadurch nicht merklich; überdißs kann man das verdunstete Wasser von Zeit zu Zeit ersetzen. Beim Chlorcalcium ist man hiezu etwas häufiger genöthigt, wenn man es z. B. auf 150° C. halten will. Die Lösung, die bei diesem Punkte kocht, ist noch nicht gesättigt, und daher steigt die Temperatur, in dem Maasse, als das Wasser verdunstet. Setzt man aber von Zeit zu Zeit einige Tropfen Wasser hinzu und regelt das Feuer, so ist es leicht, die Schwankungen in sehr engen Gränzen zu halten.

Der zuvor bei möglich geringster Erhitzung geschmolzene Schwefel wurde in eine Flasche geschüttet, die hinreichend heifs war, damit er darin nicht gestände. Er war sonach vom Anfang an sehr nahe auf der Temperatur des Bades. Als der Unterschied auf einige Zehntelgrade zurückgekommen, wurde das durch eine Weingeistlampe im Sieden erhaltene Bad mit der Büchse, welche es einschloß, in ein benachbartes Gemach gebracht, worin das Calorimeter, geschützt durch Schirme, aufgestellt war. Die Eintauchung geschah dann, nachdem das Thermometer aus dem Schwefel gezogen worden war. Vorherige Versuche, bei denen man es darin gelassen hatte, erlaubten die Temperatur in der Axe des Cylinders zu verschiedenen Zeiten der Erkaltung anzugeben. Die mittlere Temperatur des Schwefels wurde berechnet, wie es beim Phosphor und Eisen angege-

ben ist. Um diese Temperatur und zugleich die Messung der Erkaltung zu controliren, verlängerte man die Versuche beträchtlich und berechnete sie für zwei verschiedene Dauer, z. B. für eine und für anderthalb Stunden. Die dadurch erhaltenen Resultate waren fast identisch.

Der Wärmeverlust beim Manöver des Eintauchens wurde berechnet wie beim Phosphor; nur nahm man, da der Temperaturüberschuss hier drei oder vier Mal so groß war, $a=15$ oder 20 Wärme-Einheiten, je nachdem der Schwefel sich auf 120° oder 150° befand. Die Formeln und Bezeichnungen sind dieselben wie beim Phosphor.

Wärme, abgegeben vom Schwefel von 120° und von 150° C. an (von t bis t').

No. des Vers.	I.	I ^b .	II.	III.	III ^b .	IV.
M	1000	1000	1000	1000	1000	1000
T	16,791	16,791	16,692	19,077	19,077	17,610
T'	23,660	22,915	23,493	24,756	24,293	24,181
a	-1206,7	-2011,3	-1348,1	-1134	-1596	-1010,6
m	276	276	278	231,2	231,2	260,1
t	119,5	119,5	118,8	119,8	119,8	119,1
t'	24,1	23,2	24	25,2	24,5	24,6
μ	2,2	2,2	2,4	2	2	2
α	15	15	15	15	15	15
A	28,554	28,763	28,556	28,532	28,709	28,480
Dauer	55',5	85',5	50',5	58',5	82'	50'
Umgeb. Temp	18°	18°	$17^{\circ},5$	20°	20°	19°

No. des Vers.	IV ^b .	V.	V ^b .	VI.	VI ^b .	VII.
M	1000	1000	1000	1000	1000	1000
T	17,610	9,978	9,978	9,896	9,896	11,052
T'	23,490	16,115	15,433	16,700	15,778	17,850
a	-1745,7	-1485,6	-2214,7	-3021,4	-3994,8	-2725,3
m	260,1	247,2	247,2	264	264	254,8
t	119,1	119,3	119,3	146,6	146,6	147,1
t'	23,8	16,6	15,6	17,2	16	18,3
μ	2	2,25	2,25	2,16	2,16	1,9
α	15	15	15	20	20	20
A	28,644	29,958	30,140	36,241	36,418	36,494
Dauer	82'	54'	86'	85'	119'	82'
Umgeb. Temp	19°	$10^{\circ},3$	$10^{\circ},3$	$10^{\circ},1$	$10^{\circ},1$	$11^{\circ},5$

Um die spezifische Wärme des Schwefels im flüssigen Zustande zu berechnen, werde ich zunächst die Versuche V und V^b, so wie VI und VI^b betrachten, da sie an einem selben Tage und unter ganz vergleichbaren Umständen angestellt sind.

Hr. Regnault fand 0,20259 für die spezifische Wärme des starren Schwefels zwischen 13° und 97° C. Ich werde 0,2 für die Nähe von 20° annehmen, und hienach die Versuche auf die Endtemperatur von 16°, von der sie sehr wenig abweichen, zurückführen. So habe ich:

V	30,0779	} Mittel 30,0687 von 119°,3 bis 16°,
V ^b	30,0596	
VI	36,4810	} Mittel 36,4494 von 146°,7 bis 16°,
VI ^b	36,4178	

woraus:

$$C = 0,2337 \text{ zwischen } 146°,7 \text{ und } 119°,3.$$

Man kann nun die Versuche der Tafel auf dieselben Grenzen zurückführen; der so eben gefundene Werth von C ist für diese kleine Berichtigung von ganz hinreichender Genauigkeit. So findet man im Mittel:

$$\begin{array}{rcll} 36,5818 & \text{Wärme-Einheiten zwischen } 146°,6 \text{ und } 16° \\ 30,1768 & - & - & 119°,3 \text{ und } 16° \end{array}$$

und dieß giebt:

$$C = \frac{6°,405}{27°,3} = 0,2346.$$

Da die Versuche V und VI, wie schon gesagt, unter vergleichbaren Umständen angestellt sind, und überdieß der Werth 0,2337, den sie für C geben, sehr wenig von dem eben gefundenen abweicht, so werde ich das Mittel $C=0,234$ annehmen.

Erforderliche Wärme zum Schmelzen des Schwefels.

Für die latente Wärme des Schwefels giebt die Erfahrung:

$$l = A - C(t - \tau) - c(\tau - t').$$

Nun haben wir:

$$A = 30,1768 \quad C = 0,234 \quad c = 0,2 \\ \tau = 115 \quad t = 119,3 \quad t' = 16,$$

es kommt also:

$$l = 9,368.$$

Das Gesetz, welches wir prüfen wollen, giebt:

$$l = (160 + t) \delta.$$

Hier ist t der Schmelzpunkt τ , d. h. 115° , und $\delta = C - c = 0,034$, also:

$$l = 9,350.$$

Erfahrung und Theorie geben also beinahe einerlei Resultate.

Ein so vollkommener Einklang ist bei Fragen dieser Art kaum zulässig; er wäre für die Bewahrheitung des Gesetzes sogar unnöthig, und ich zweifle, ob er wirklich existire. Sehr möglich, dafs in niederen Temperaturen $c < 0,2$; allein möglich ist auch, dafs, nahe beim Schmelzpunkt, $C = 0,234$, und damit der Einklang verbleibe, ist es nicht nothwendig, dafs der Unterschied bei C so grofs sey als bei c . Wenn z. B. c um 0,1 und C um 0,05 abnimmt, ist der Einklang noch sehr grofs. Vorläufig kann man den Schlufs ziehen, dafs der Schwefel eine sehr merkwürdige Bestätigung des Gesetzes darbiete.

Nachdem ich das Gesetz für Substanzen bestätigt habe, die bei 0° , bei 44° und bei 115° schmelzen, will ich Körper nehmen, die bei einer höheren Temperatur schmelzen. Dazu nehme ich Salze, weil deren specifische Wärme beträchtlich ist.

Das in einem Glaskölbchen, Fig. 15, Taf. II, geschmolzene Salz wird in einer Darre (Fig. 16) erhitzt und dann in eine Art von Schacht (*puits*) hinabgelassen, der sich trocken mitten im Calorimeter befindet. Dieser Schacht besteht aus zwei Cylindern A und B (Fig. 17), die durch eine mit Quecksilber gefüllte Rinne (*joint hydraulique au mercure*) vereinigt sind. Sobald das Kölbchen auf den Boden des Schachts gebracht ist, läfst man einen Deckel C hinab, der durch dieselbe Quecksilber-Rinne schliesst. Nimmt man nun den oberen Cylinder fort, so findet sich der Schacht in eine allseitig von Wasser umgebene Büchse ver-

wandelt, die bloß durch das Haarröhrchen des Deckels nach außen communicirt.

Salpetersaures Natron, dessen Schmelzpunkt, spezifische Wärme im flüssigen Zustand, und latente Schmelzwärme.

Der Schmelzpunkt des salpetersauren Natrons wird nicht in Handbüchern angegeben; ich fand ihn $\approx 310^{\circ},5$ des Luftthermometers. Es ward dabei ein Quecksilberthermometer angewandt, das bis zum Nullpunkt im Salze stand; der übrige Theil befand sich im Mittel bei 18° . Nun zeigte es 298° ; die Berichtigung für den nicht eingetauchten Theil ist:

$$\frac{298(298 - 18)}{6300 - 298} = 13^{\circ},9,$$

was $311^{\circ},9$ giebt. Nach Hrn. Regnault's Vergleichungstafel ist dort das Quecksilberthermometer um $1^{\circ},4$ dem Luftthermometer voraus; man hat also an diesem Thermometer $t \approx 310^{\circ},5$. Sehr nahe dasselbe Resultat erhielt ich mit andern Thermometern, für welche die Berichtigung wegen des Stiels eine andere war.

Die Ueberschmelzung scheint bei diesem Salze nicht bedeutend zu seyn. Ich sah das Thermometer nur 3° unter den Punkt fallen, bei dem es während des Erstarrens stand. Ich operirte freilich ohne Vorsichtsmaßregeln zum Verlangsamen der Erkaltung.

Die spezifische Wärme des salpetersauren Natrons bestimmte ich zu 430° und 320° . Nachstehend die Tafel von vier Versuchen. Die Bezeichnungen und die Formeln sind dieselben wie beim Phosphor; nur ist hier $\alpha = 0$, wegen einer Compensation, von der ich schon gesprochen. Was die Endtemperatur des Salzes betrifft, so habe ich, um sie sehr angenähert zu erhalten, die Versuche etwa zwei Stunden fortgesetzt oder vielmehr so lange, bis das Salz keine merkliche Wärme mehr an das Calorimeter abtrat; dies erkannte man an den Gang der Erkaltung, welcher zuletzt sehr nahe derselbe ward, wie wenn die Büchse leer war.

Ich nahm an, daß dann die Temperatur des Salzes nicht mehr als etwa 0,5 Grad höher als die des Bades war.

Hrn. Regnault's Versuche gaben $c=0,27821$ für die spezifische Wärme des salpetersauren Natrons zwischen 0° und 100° ; man ist dabei so weit vom Schmelzpunkt, daß man die spezifische Wärme als constant betrachten kann.

Wärme, abgegeben vom salpetersauren Natron, von 320° und von 430° an.

No. des Versuchs.	I.	II.	III.	IV.
M	1020	1020	1020	1020
T	16,707	15,794	14,195	13,879
T'	26,251	24,868	20,721	22,449
a	-3359	-2050,6	-685,3	1081,8
m	86,63	59,21	46,36	49,05
t (Quecksilber)	323	422	331	441,6
t (Luft)	321,2	412	329	430
t'	26,5	25,5	21	23
μ	1,07	0,65	1,09	0,85
A	147,381	186,706	151,124	190,719
Dauer	2 ^h 8'	1 ^h 52'	2 ^h	1 ^h 36'
Umgeb. Temp.	20°,2	20°	18°,5	19°

Die Versuche I und II geben $C=0,4300$; III und IV geben $C=0,3975$. Das Mittel ist:

$$C=0,413.$$

Was die latente Wärme betrifft, so ergeben sich die beiden Werthe 62,768 und 63,182, wovon das Mittel ist:

$$l=62,975.$$

Jetzt können wir sehen, ob sich die Formel bewähre. Wir haben:

$$\delta = C - c = 0,13479 \quad t = 310,5.$$

Die Formel giebt also:

$$l = (160 + t) \delta = 63,4.$$

Auch hier also eine recht merkwürdige Uebereinstimmung. Der Unterschied beträgt noch nicht 0,5 Wärme-Einheit oder $\frac{1}{170}$ der zu messenden Gröfse. Da hier l und δ sehr beträchtlich sind, so hat die Bestätigung einen großen Werth; man müßte die Beobachtungsfehler über alle Wahrscheinlichkeit vergrößern, wenn die Formel aufhören

sollte, l mit hinreichender Genauigkeit zu geben. Ueberdies darf man nicht vergessen, dass das in Rede stehende Gesetz nur ein angenähertes seyn kann.

Specifische Wärme des salpetersauren Kalis im flüssigen Zustand; latente Schmelzwärme.

Hr. Regnault hat $c = 0,23875$ gegeben, als specifische Wärme des salpetersauren Kalis zwischen 0° und 100° .

Für den Schmelzpunkt fand ich $\tau = 342$ mit dem Quecksilberthermometer, was 339° des Luftthermometers entspricht.

Durch dasselbe Verfahren, wie beim salpetersauren Natron, maß ich beim salpetersauren Kali die Wärme, die es von zwei Temperaturen, an einer dem Schmelzpunkt nahen und einer von ihm hinreichend entfernten, abgibt. Ich gebe hier die Resultate dreier Versuche. Der erste bot mehre Zufälligkeiten dar; namentlich wurde der Deckel durch den Draht des Umrührers abgehoben und ungefähr 2 Grm. Wasser verschüttet. Der Werth von A ist sicher zu klein, aber der Versuch ist gut, wenigstens um eine Gränze anzugeben. Was die beiden anderen betrifft, so wurden sie ohne Unfall und unter recht vergleichbaren Umständen angestellt.

Wärme, abgegeben vom salpetersauren Kali, von 350° und 435° an.

No. des Versuchs.	I.	II.	III.
M	1020	1020	1020
T	16,021	16,076	17,107
T'	22,563	24,062	23,831
a	-1302	-2829	-1591
m	63,34	81,57	52,94
t (Quecksilber)	351	365	447,6
t (Luft)	317,7	361	435
t'	23	25	24,5
θ	0,726	1,24	0,708
A	122,183	129,438	154,116
Dauer	21 5'	21 7'	14 41'
Umgebende Temp.	19°,9	19°,5	19°,9

Der erste Versuch, combinirt mit dem dritten, giebt $C = 0,3698$, einen zu großen Werth, und $l = 43,7906$, ei-

nen zu geringen Werth, wegen der erwähnten Unfälle, die den Werth von A verringerten.

Der zweite und dritte geben $C=0,33186$ und $l=47,371$, sicher genauere Werthe.

Mit diesem letzten Werth von C und dem von Hrn. Regnault für c gefundenen, giebt das Gesetz für den theoretischen Werth von l :

$$(160 + t) \delta = (160 + 339) (0,33186 - 0,23875) = 46,462.$$

Der Unterschied mit der vom Versuch gegebenen Zahl beträgt nicht $\frac{1}{10}$.

Uebersicht der vorstehenden Bestimmungen. Gesetz der latenten Schmelzwärme.

Fassen wir die bisher gegebenen Resultate in einer Tafel zusammen:

	Schmelzpunkt.	Specifische Wärme im		Latente Wärme	
		starren Zustand.	flüssigen Zustand.	gefunden.	berechn.
Wasser	0°	0,504	1,0000	79,25	79,20
Phosphor	44,2	0,1788	0,2045	5,034	5,243
Schwefel	115	0,20259	0,234	9,368	9,350
Salpetersaures Natron	310,5	0,27821	0,413	62,975	63,4
Salpetersaures Kali .	339	0,23875	0,33186	47,371	46,462

Wir sehen also, dafs die Formel

$$(160 + t) \delta = l$$

sich bewährt für sehr verschiedenartige Substanzen, deren latente Wärme von 5 bis 79 Wärme-Einheiten, und deren Schmelzpunkt von 0° bis 340° geht. Wir können also sagen, wenigstens für die in der Tafel enthaltenen Substanzen, dafs die latente Schmelzwärme gleich sey dem Unterschiede der specifischen Wärme im starren und flüssigen Zustand, so oft genommen als es Grade giebt vom Punkte der Aenderung des Aggregatzustands an bis zu 160 Graden unter Null.

Um die ganze Erstreckung dieses Gesetzes zu zeigen, ist es gut daran zu erinnern, dafs die latente Wärme einer und derselben Substanz keine feste, unveränderliche

Größe ist, daß sie vielmehr, wie wir gezeigt haben, nach der Temperatur, bei welcher die Zustandsänderung geschieht, verschieden ist. So z. B. entwickelt das Wasser, wenn es bei -10° erstarrt, 79,2 Wärme-Einheiten, aber wenn es bei -10° erstarrt, nur 74,2. Alle diese Fälle werden vom obigen Satz umfaßt.

Die Formel

$$(160+t)c + l = (160+t)C$$

ist noch eines anderen Ausdrucks fähig, welcher einen merkwürdigen Sinn hat. Zu dieser Auslegung bemerke ich, daß wenn man unter Grad die Temperaturveränderung versteht, die von einer gleichen Wärmemenge bewirkt wird, oder, anders gesagt, wenn man Grade von gleicher Capacität nimmt, dieselbe Temperatur für verschiedene Körper durch verschiedene Zahlen ausgedrückt wird; doch ist der Unterschied im Allgemeinen sehr klein. Nach den Versuchen von Dulong und Petit überschreitet, z. B. für Glas, Kupfer, Quecksilber und Platin, obwohl sehr verschiedenartige Substanzen, der Unterschied nicht 4 Grad auf ein Intervall von 300. Ich werde also vorläufig diesen kleinen Unterschied vernachlässigen.

Seyen nun c und C die specifischen Wärmen im starren und flüssigen Zustand, so wird $(160+t)c$ die Zahl von Wärme-Einheiten seyn, die in der Gewichts-Einheit bei starrem Zustande von -160° bis t° enthalten sind. Fügen wir die latente Wärme l hinzu, so haben wir die Wärme, die in der Flüssigkeit zwischen denselben Gränzen enthalten ist. Da nun $C - c = \delta$, so folgt als erfahrungsmäßiges Resultat:

$$(160+t)c + l = (160+t)C,$$

d. h. die Wärme, die man einer flüssigen Masse entziehen müßte, um sie auf -160° C. zu erkalten, läßt sich berechnen, wie wenn diese Masse flüssig bliebe, und ohne daß man sich zuvor mit den Aenderungen des Aggregatzustandes und der specifischen Wärme zu beschäftigen braucht.

Will man z. B. wissen, wie viel Wärme 1 Kilogramm Wasser beim Erkalten von 0° auf -160° C. verliert?

Dazu braucht man nur das 160fache der specifischen Wärme des flüssigen Wassers zu nehmen, ohne sich darum zu kümmern, ob es in diesem Zwischenraum gefriere oder nicht. Diefs giebt 160 Wärme-Einheiten. Um die Richtigkeit dieser Zahl zu erweisen, sage ich: das Kilogramm Wasser von 0° verliert beim Gefrieren 79,25 Wärme-Einheiten. Das dadurch gebildete Eis hat eine specifische Wärme gleich 0,504, verliert also $160 \times 0,504 = 80,64$ Wärme-Einheiten. Diefs macht im Ganzen 159,89 Wärme-Einheiten. Da nun die erwähnte Regel 160 giebt, so folgt, dafs sie ein beinahe richtiges Resultat liefert, ohne dafs man sich um die Aenderung des Aggregatzustands zu kümmern braucht. Die Vorgänge in Bezug auf den Wärmeverlust sind so, wie wenn das Wasser seinen flüssigen Zustand behielte.

Eben so: Wie viel Wärme müfste man einem Kilogramm Schwefel geben, um ihn von -160° C. auf $+140^{\circ}$ C. zu bringen? Gemäfs der Regel und ohne mich um die Zustandsänderung zu kümmern, berechne ich mich, wie wenn der Schwefel flüssig wäre. Seine specifische Wärme ist dann 0,234. Das Intervall beträgt 300 Grad; also ist die erforderliche Wärme $300 \times 0,234 = 70,2$ Wärme-Einheiten. Zur Prüfung mache man den Calcul mit Bezug auf die Aenderung des Zustands und der specifischen Wärme; man findet 70,9. Der Unterschied 0,7 ist nur 0,01 des in Rede stehenden Werths.

Bemerke man wohl, dafs wenn man die Regel auf irgend eine andere Temperatur als -160° C. anwendete, falsche Resultate entstehen würden, d. h. dann nicht mehr eine Gleichheit zwischen den mit und ohne Zustandsänderung verlorenen Wärmen stattfinden würde. Ein Kilogramm Wasser von Null z. B., welches gefriert und auf 100° C. erkaltet, verliert $79,25 + 100 \times 0,504 = 129,6$ Wärme-Einheiten, während man nur 100 fände, wenn man die Regel ohne Rücksicht auf die Aenderung des Zustands und der specifischen Wärme anwendete.

Die Temperatur -160° C. hat also etwas ganz Eigenenthümliches. Wir haben zuvor gesehen, dafs der Unterschied

der beiden specifischen Wärmen, hinzugefügt von diesem Punkt an bis zum Schmelzpunkt, genau die latente Wärme zusammensetzt. Darauf haben wir gesehen, daß die Wärme in einer Masse, die flüssig genommen und bis -160° C. erkaltet worden, sich einfach aus der spec. Wärme der flüssigen, und ohne Kenntniß der der starren Masse und der latenten Wärme berechnen läßt. Sicher sind dieß merkwürdige Eigenschaften, die einer Erklärung bedürfen. Nun giebt es eine ganz natürliche, die wir in einer anderen Abhandlung entwickeln werden, nämlich: daß bei -160° C. keine Wärme mehr in den Körpern vorhanden ist.

IV. Ueber die Farben der Metalle;

von Hrn. J. Jamin.

(*Ann. de chim. et de phys.*, Ser. III, T. XXII, p. 311.)

Als Newton an dünnen Blättchen die Eigenschaft, weißes Licht zu zersetzen, auffand, gesellte er das Phänomen der Farbigkeit der Körper dem der Farbenringe bei, und glaubte es durch die Annahme zu erklären, daß die farbigen Substanzen das Licht nicht bloß an ihrer Oberfläche, sondern auch in einer gewissen Tiefe reflectiren. Diese eben so sinnreiche als unscharfe Theorie, welche hätte entweder bestätigt oder widerlegt werden müssen, ist bisher nicht weiter entwickelt worden, und somit hat die Frage über die Färbung der Körper durch Reflexion keinen Fortschritt gemacht; indess, wenn auch die Arbeiten der Physiker nicht zum Zweck hatten diese Frage zu lösen, so hatten sie doch zur Folge, daß sie sehr vereinfacht wurde.

Fresnel, sich auf durchsichtige Substanzen beschränkend, behandelte das Problem der Reflexion an deren Oberfläche, und entwickelte die Formeln, welche die reflectirte Lichtmenge in Function eines einzigen Datums, des Brechverhältnisses der Substanz, ausdrücken. Mittelst dieser

For-

Formeln wäre man dann im Stande, indem man dem Brechverhältnisse successive die den verschiedenen Farben des Spectrums entsprechenden Werthe beilegte, die reflectirten Intensitäten dieser Farben zu berechnen, und somit durch den Newton'schen Farbenkreis die Farbe des reflectirten Bündels zu bestimmen; allein da die Brechverhältnisse, vom Roth an bis zum Violett, sehr schwache Veränderungen erleiden, so würde man die Verhältnisse der einfachen Strahlen in dem reflectirten Lichte beinahe eben so finden, wie sie im weißen Lichte sind. Diefs Resultat, welches die Erfahrung bestätigt, würde bei durchsichtigen Körpern nur von mäßigem Interesse seyn; allein bei den Metallen würde man durch Verfolgung desselben Ganges die Färbung, welche dieselben durch irgend eine Anzahl von Reflexionen des weißen Lichtes erleiden, vollständig erklären. Diefs zu zeigen, habe ich mir in dieser Abhandlung vorgesetzt.

Die Intensitäten des an Metallen reflectirten Lichts berechnen sich mittelst theoretischer Formeln, welche vollkommen mit der Erfahrung übereinstimmen, und welche als Constanten zwei Größen enthalten, die mit den zahlreichen Erscheinungen der Metall-Polarisation verknüpft sind und mittelst dieser bestimmt werden können. Diese Constanten sind: 1) die Incidenz, bei welcher nach zwei Reflexionen an parallelen Spiegeln die Polarisation wieder hergestellt wird; 2) das Azimut der Polarisation des bei dieser Incidenz reflectirten Strahls, wenn das ursprüngliche Azimut 45° ist.

Wir sind also genöthigt, diese beiden Constanten zu bestimmen, indem wir die Hauptstrahlen des Spectrums successive an Metallen reflectiren lassen. Diese Bestimmung erfordert einige Details, in welche wir eingehen wollen.

Wenn zwei übereinstimmende, nach den Hauptazimuten gerichtete Schwingungen einen Metallspiegel unter verschiedenen Neigungen treffen, so erlangen sie eine Phasendifferenz, welche von der streifenden Incidenz bis zur lothrechten Reflexion abnimmt, und bei der Haupt-Incidenz, die

wir bestimmen wollen, den Werth einer Viertelwelle erlangt. Nach 2, 4, 6 . . . Reflexionen wird dieser Phasen-Unterschied offenbar $\frac{2}{4}$, $\frac{4}{4}$, $\frac{6}{4}$. . . Wellen; und folglich wird ein ursprünglich nach irgend einem Azimut polarisirter Strahl wieder einen geradlinigen polarisirten Strahl hervorbringen, sobald er eine gerade Zahl von Reflexionen unter der Haupt-Incidenz erfährt, die eben dadurch bestimmt werden kann.

Nennen wir a das Polarisationsazimut des einfallenden Strahls, den wir nach den Azimuten 90° und 0° in zwei polarisirte Bündel zerlegen wollen; die Amplituden derselben werden $\sin a$ und $\cos a$ seyn. Wenn diese beiden Bündel an einem Metall bei der Haupt-Incidenz reflectirt werden, so wird das Verhältniß ihrer Amplituden, indem es sich bei jeder Reflexion durch einen constanten Factor k multiplicirt, nach 2, 4, 6 . . . Reflexionen:

$$k^2 \tan a, k^4 \tan a, k^6 \tan a \dots;$$

und da der Phasenunterschied dieser Bündel einer genauen Zahl von halben Wellen gleich ist, so vereinigen sie sich zu einem geradlinig polarisirten Strahl in den Azimuten x' , x'' , x''' deren absoluter Werth ausgedrückt wird durch die Formeln:

$$\tan x' = k^2 \tan a, \tan x'' = k^4 \tan a, \dots$$

Man kennt a ; mißt man nun x' , x'' , x''' , so zieht man aus diesen Formeln die Werthe von k^2 , k^4 , k^6 , die zur Auffindung von k dienen.

Kurz die Methode des Experimentirens kommt darauf zurück:

- 1) den einfachen Strahl, mit dem man operiren will, in irgend einem Azimut a zu polarisiren;
- 2) die gemeinschaftliche Incidenz, bei welcher die Polarisation nach 2, 4, 6 . . . Reflexionen hergestellt wird, aufzusuchen, wodurch man die erste Constante erhält;
- 3) die Azimute x' , x'' , x''' zu messen, mittelst deren man die zweite Constante k berechnen kann, die wir von nun an mit $\tan A$ bezeichnen werden.

Es bleibt nur noch übrig das Detail der Versuche und die zu nehmenden Vorsichtsmafsregeln kennen zu lehren.

In den *Annal. de chim. et de phys.*, Ser. III, T. XIX, p. 301 ¹⁾ habe ich bereits den Apparat beschrieben, der mir zu ähnlichen Bestimmungen diente. Er besteht:

1) aus einem getheilten horizontalen Kreise auf einem Fußgestell;

2) aus einem am Kreise befestigten und auf dessen Mittelpunkt gerichteten Rohre, welches ein das Licht polarisirendes Nicol'sches Prisma trägt;

3) aus einem um den Mittelpunkt drehbaren Rohre, versehen mit einem verticalen getheilten Kreise, der mittelst eines doppeltbrechenden Prismas das Azimut der reflectirten Strahlen messen läßt;

4) aus einer Metalltafel im Centro des Apparats, versehen mit einer Alhidade, die ihre Verschiebungen am getheilten Kreise mißt;

5) auf dieser Tafel befinden sich zwei verticale Metallplatten, an welche man die Metallspiegel legt; ihr gegenseitiger Abstand läßt sich beliebig vergrößern oder verringern, um die Anzahl der Reflexionen zwischen den Spiegeln abändern zu können.

Nachdem die Richtungen der Hauptschnitte wohl bestimmt waren, polarisirte ich das Licht in einem Azimut ($+a$), und bestimmte die Incidenzen und Azimute der nach 2, 4 und 6 Reflexionen wieder hergestellten Polarisation, indem ich die Spiegel anfangs rechts und dann links gegen den Strahl neigte. Diefs ändert das Zeichen der Fehler, die durch einen Mangel an Senkrechtheit der Platten oder eine schlechte Bestimmung des Nullpunkts der Incidenzen veranlaßt sind. Somit erhielt ich für die Constanten sechs Beobachtungen. Da zweitens der Nullpunkt der Azimute unvollkommen bestimmt seyn konnte, so wiederholte ich dieselben Beobachtungen mit einem im Azimute ($-a$) polarisirten Licht. Das Mittel dieser beiden Reihen von Versuchen ist also nahezu berichtigt wegen der Fehler in Bestimmung der Merkzeichen.

1) *Annalen*, Ergänzb. II, S. 443.

Da das Verhältniß k für die meisten Metalle viel kleiner als Eins ist, so nehmen die Azimute α' , α'' , α''' bei Vervielfältigung der Reflexionen rasch ab, und der bei ihrer Messung begangene Fehler kann vergleichbar mit ihrem Werthe werden. Man muß also diesen Abnahmen entgegenwirken, indem man α einen Werth nahe an 90° giebt.

Da der Apparat successiv durch die Haupt-Lichtstrahlen beleuchtet werden mußte, so bereitete ich ein sehr reines Spectrum. Man erblickt darin mit bloßem Auge eine beträchtliche Zahl von Strichen, die als Merkzeichen dienen. Man fängt die verschiedenen einfachen Strahlen mit

Incidenzen und Azimute der wieder-

	Silber.		Glockengut.	
	Incidenz.	Azimut.	Incidenz.	Azimut.
Roth, äußerstes	75° 45'	41° 37'	75 16'	29° 25'
Roth, mittleres	75 0	40 59	71 15	28 46
Orange	72 48	40 23	74 5	28 38
Strich <i>D</i>	72 30	40 9	73 28	28 24
Gelb	72 15	40 17	73 22	28 5
Strich <i>E</i>	71 30	40 19	72 20	25 31
Strich <i>E</i> ^b			71 33	25 7
Strich <i>F</i>	69 34	39 46	71 21	23 55
Blau	68 11	39 53	70 47	23 26
Indigo	67 30	39 53	70 1	23 21
Strich <i>H</i>	66 12	39 50	70 2	23 21
Violett			70 11	22 31
Gränze des Violett	65 0	39 47	69 31	22 13

Incidenzen und Azimute der wiederhergestellten Polarisation.

	Kupfer.		Messing.	
	Incidenz.	Azimut.	Incidenz.	Azimut.
Roth	71° 21	28° 22'	71° 31'	29° 40'
Orange	70 0	26 0	70 27	29 3
Gelb	69 3	21 57	69 38	28 25
Grün	68 44	18 7	68 19	27 0
Blau	67 44	16 57	66 11	23 23
Indigo	67 30	16 30	65 35	19 57
Violett	66 56	15 57	64 16	17 38

Die Incidenzen der wiederhergestellten Polarisation variiren für alle Metalle mit der Brechbarkeit des einfallenden

dem Nicol'schen Prisma auf, läßt sie an den Spiegeln reflectiren und durch das doppelbrechende Prisma gehen. Durch die vielfachen Reflexionen werden sie hinreichend geschwächt, daß das Auge ihren Glanz ertragen kann und ihre große Intensität sichert dadurch, daß sie die Amplitude der Winkel, bei denen die Polarisation vollständig zu seyn scheint, sehr reducirt, die Genauigkeit der Messungen.

In folgender Tafel vereinige ich die Beobachtungen, welche ich bei mehreren Metallen oder Legirungen angestellt habe; sie erlauben allgemeine Gesetze daraus zu ziehen und einige Beziehungen aufzustellen.

hergestellten Polarisation.

Stahl.		Zink.		Spiegelmetall.	
Incidenz.	Azimuth.	Incidenz.	Azimut.	Incidenz.	Azimut.
77° 52'	16° 20'	75° 45'	15° 50'	76° 45'	29° 15'
77 4	16 29	75 11	17 9	76 14	28 37
76 37	16 33	74 54	18 16	74 36	27 15
76 40	16 48	74 27	18 45	74 7	27 21
76 26	16 50	73 43	20 0	73 36	27 10
75 47	17 30	73 28	21 13	73 35	25 52
75 41	17 31	73 14	21 46	73 27	26 0
75 8	18 29	72 32	22 44	73 4	26 15
75 23	19 10	71 45	23 36	72 1	27 15
74 51	19 38	71 24	24 49	71 22	27 56
74 32	20 7	71 18	25 18	71 56	28 0
74 3	20 26	70 49	25 50	71 22	27 56
73 19	21 12	70 4	26 26	70 42	28 30

den Strahls; überdies nehmen sie ab vom Roth bis zum Violett. Bei den durchsichtigen Substanzen nehmen die Brechungsindexe und folglich die Polarisationswinkel zu vom Roth bis zum Violett; bei den Metallen ist der Winkel der wiederhergestellten Polarisation derjenige, bei dem man das meiste Licht in der Einfallsebene polarisirt findet, und einige derselben nähern sich dermaßen den durchsichtigen Substanzen, daß die Polarisation bei ihnen beinahe vollständig ist. Es ist daher merkwürdig, daß, ungeachtet dieser Analogie, bei den durchsichtigen Substanzen der Polarisationswinkel zunimmt und bei den Metallen die Incidenz der wiederhergestellten Polarisation abnimmt, vom Roth bis

zum Violett. Zeigt sich dieser Gegensatz immer? Diefs läßt sich für jetzt nicht bejahen; es ist ein Punkt, der mir die Aufmerksamkeit der Physiker zu verdienen scheint.

Man kann bei den Metallen drei Klassen unterscheiden, und vermuthlich noch mehr, wenn man eine gröfsere Zahl von Körpern untersucht haben wird.

Silber, Kupfer, Messing und Glockengut zeichnen sich durch folgendes Gesetz aus. Wenn man vom Roth zum Violett übergeht, nehmen die Azimute zwischen ungleichen Gränzen ab; sie differiren beim Silber um $0^{\circ}50$, während diese Dispersion beim *Glockengut* einen Winkel von $7^{\circ}12$ umfaßt.

Eine zweite Klasse von Metallen, zu welcher *Zink und Stahl* gehören, bietet uns ein gerade umgekehrtes Gesetz dar. Die Azimute der wiederhergestellten Polarisation nehmen zu vom Roth bis zum Violett zwischen sehr verschiedenen Gränzen, wie im vorhergehenden Fall. Ein Metall endlich, das einzige, welches ich bisher beobachtete, nimmt zugleich Theil an beiden Kategorien, nämlich das *Spiegelmetall*; die Azimute nehmen ab vom Roth bis zum Grün, und nehmen zu vom Grün bis zum Violett.

Das Gesetz, welches diese zweite Constante mit der Wellenlänge verknüpft, scheint also sehr complicirt zu seyn, und alles läßt glauben, dafs jede Substanz ihre eigenthümliche Wirkung habe, sowohl hinsichtlich des Sinns als hinsichtlich der Strecke der Veränderungen, welche die Constante erleidet.

Ich unternehme es nun, die vorstehenden Bestimmungen zur Berechnung der Farbe eines jeden Metalls anzuwenden. Ich will kurz angeben, wie man dahin gelangt.

Man wird sich erinnern, dafs mehrere Mathematiker die Gesetze der Polarisation an Metallen durch theoretische Formeln ausgedrückt haben. Ich habe die des Hrn. Cauchy durch zahlreiche Versuche bewährt gefunden. Es ist also erlaubt sie zur Berechnung der Intensität des von Metallen reflectirten Lichtes anzuwenden, und diefs ist möglich, sobald man die eben bestimmten Constanten kennt.

Da offenbar diese Constanten mit der Brechbarkeit des Strahls variiren, so wird jede einfache Farbe des Spectrums nicht proportional reflectirt, und wenn man auf ein Metall ein Bündel weissen Lichtes fallen läßt, wird es im Allgemeinen nach der Reflexion gefärbt seyn. Es wird sich die Intensität eines jeden reflectirten Strahls berechnen lassen und somit durch die chromatische Regel Newton's auch die Farbe des Metalles. Es ist nun noch die Rechnung mit der Beobachtung zu vergleichen.

Die Formeln des Hrn. Cauchy sind für den allgemeinen Fall sehr verwickelt; aber ihre Hauptresultate sind leicht zu prüfen.

1) Bei der streifenden Incidenz sind alle gut polirten Metalle vollkommen weifs.

2) Beleuchtet durch ein in der Einfallsebene polarisirtes Licht, zeigen sie eine eigenthümliche sehr blasse Farbe, vermisch mit einer vorherrschenden Proportion Weifs.

3) Beleuchtet durch ein winkelrecht gegen die Einfallsebene polarisirtes Licht zeigen sie eine lebhaftere und weniger mit Weifs gemengte Farbe.

4) Bei lothrechtlicher Incidenz bleibt die eigenthümliche Farbe unverändert in ihrer Natur, und zwar bei jedem Azimut des einfallenden Strahls. Diesen letzten Fall, den einfachsten von allen, will ich hier in Detail behandeln.

Die Intensitätsformeln reduciren sich auf eine grofse Einfachheit. Wird die Intensität des einfallenden Strahls gleich eins gesetzt, so werden sie:

$$I = \tan^2(\varphi - 45^\circ)$$

$$\cot \varphi = \cos 2A \sin 2\left(\arctan \frac{1}{\sin i, \tan i}\right),$$

i bezeichnet die Incidenz der wiederhergestellten Polarisation. Um A zu erhalten, mufs man den Werth von k nehmen und setzen $k = \tan A$.

Nach unseren Versuchen haben wir die reflectirten Intensitäten der Hauptstrahlen des Spectrums nach 1 und 10 Reflexionen berechnet und in folgender Tafel zusammengestellt.

Intensitäten des bei lothrechtlicher Incidenz an

	Silber.		Glockengut.		Messing.	
	I.	10.	I.	10.	I.	10.
	Reflex.		Reflex.		Reflex.	
Roth	0,929	0,478	0,747	0,054	0,720	0,037
Orange	0,909	0,388	0,724	0,039	0,682	0,022
Gelb	0,905	0,369	0,705	0,030	0,662	0,016
Grün	0,902	0,357	0,630	0,010	0,619	0,008
Blau	0,878	0,273	0,591	0,005	0,528	0,001
Indigo	0,875	0,264	0,578	0,004	0,456	0,000
Violett	0,867	0,242	0,566	0,003	0,498	0,000

Bei Erörterung der vorstehenden Formeln sieht man, daß wenn man die Werthe der beiden Constanten einzeln oder zugleich zu- oder abnehmen läßt, die reflectirten Intensitäten ebenfalls wachsen oder abnehmen; und da aus unseren Versuchen hervorgeht, daß die Haupt-Incidenz von einem Metall zum andern wenig verschiedene Werthe erfährt, während das Azimut der wiederhergestellten Polarisation Variationen von 45 bis 0 Grad erleidet, so ist es erlaubt in allgemeiner Weise zu sagen, daß die Metalle desto mehr Licht reflectiren, je größer dieses Azimut ist.

Machte man Spiegel aus den Metallen, die zu unseren Versuchen dienten, so würden sie der vorstehenden Tafel gemäß sehr verschiedene Lichtmengen reflectiren, und das Spiegelmetall, welches sich wegen seiner Härte so gut zur Anfertigung von Teleskopen eignet, genügt keineswegs den Bedingungen des Glanzes, welche man vor Allem zu erfüllen suchen muß. Diese Bemerkung zeigt, daß dieß Instrument eine recht wünschenswerthe Vervollkommnung erfahren würde, wenn man das Spiegelmetall durch Silber ersetzen könnte, welches ein Drittel mehr Licht reflectirt. Vielleicht wäre es nützlich, die Spiegel galvanisch zu versilbern; sie würden dadurch an Glanz gewinnen, ohne an Dauerhaftigkeit viel zu verlieren. Die Düntheit und Gleichmäßigkeit der Versilberung würde ihre Krümmung nicht stören und einer der größten Mängel des Teleskops fände sich beträchtlich vermindert.

Die Metalle, welche zur ersten der von uns nach den

verschiedenen Metallen reflectirten Lichts.

Kupfer.		Spiegelmetall.		Stahl.		Zink.	
1.	10.	1.	10.	1.	10.	1.	10.
Reflex.		Reflex.		Reflex.		Reflex.	
0,682	0,022	0,692	0,035	0,609	0,007	0,576	0,004
0,623	0,009	0,654	0,014	0,600	0,006	0,594	0,003
0,540	0,002	0,632	0,010	0,599	0,006	0,602	0,006
0,470	0,000	0,625	0,009	0,593	0,005	0,616	0,008
0,434	0,000	0,606	0,006	0,608	0,007	0,628	0,009
0,423	0,000	0,599	0,005	0,604	0,006	0,635	0,010
0,405	0,000	0,599	0,006	0,599	0,006	0,636	0,011

optischen Eigenschaften aufgestellten Kategorien gehören, zeigen abnehmende Intensitäten vom Roth bis zum Violett, weil die beiden Constanten zugleich zwischen diesen Grenzen abnehmen; und nach diesem Gesetz kann man behaupten, daß diese Metalle eine dem Roth nahe kommende Farbe besitzen. In der That fanden wir sie von einem mehr oder weniger orangefarbenen Gelb.

Da die Intensitäten nach mehrern Reflexionen sich ergeben aus der zu einer durch die Anzahl der Reflexionen bestimmten Potenz der Intensitäten nach Einer Reflexion, so werden ihre Abnahmen vom Roth bis zum Violett desto rascher seyn als die Reflexionen zahlreicher sind; und die Metalle der ersten Kategorie streben einer rothen Farbe zu, die sie alle nach einer hinreichenden Zahl von Reflexionen annehmen müssen.

Bei der zweiten Klasse von Metallen wachsen die Azimute der wiederhergestellten Polarisation mit der Brechbarkeit der Strahlen, und da die reflectirten Intensitäten in gleichem Sinn wie die beiden Constanten variiren, so bewirkt die Verringerung der Intensitäten eine Abnahme der reflectirten Intensitäten vom Roth zum Violett, während diese durch den Anwuchs der Azimute sich zu vergrößern suchen. Es kann also geschehen, daß gewisse Metalle dieser Klasse mehr Roth als Violett reflectiren, und, wie die der ersten Klasse, orangefarben sind, während sich, aus umgekehrten Grunde, die Farbe einiger anderen dem Violett nähert. Begreiflich wird es auch Substanzen geben,

bei welchen eine umgekehrte Variation der Constanten die gegenseitigen Wirkungen derselben zerstört und folglich das reflectirte Licht weiß ist. Mithin werden die Metalle dieser Klasse nicht wie die der ersten eine auf die weniger brechbaren Theile des Spectrums begränzte Farbe haben, sondern alle Farben darbieten können. Indefs ist einleuchtend, daß umgekehrte Variationen der Constanten die Variationen der Intensitäten auf sehr kleine Werthe reduciren, und daß die Farbe immer wenig wahrnehmbar seyn wird. Der Charakter der Metalle dieser Klasse wird also Abwesenheit aller Färbung seyn.

Alle diese Bemerkungen bestätigen sich durch Prüfung der in vorstehender Tafel enthaltenen Zahlen.

Es bleibt nur noch, die Farbe eines jeden Metalls nach der chromatischen Regel Newton's zu berechnen. Die Lehrbücher der Physik, besonders das des Hrn. Biot (*T. III, p. 445*) enthalten eine sehr ausführliche Anweisung zu diesen Rechnungen; ich will sie hier also nicht wiederholen, sondern nur die Resultate angeben.

U sey, nach gewöhnlicher Bezeichnung, der Winkel, welchen die berechnete Farbe eines jeden Metalls mit dem Anfang des Roth bildet; *d* und $(1 - d)$ bezeichnen dann in dem reflectirten Strahl die Verhältnisse dieser Farbe und des weißen Lichts.

Bevor wir aber zur Erörterung der Resultate übergehen, ist es nützlich an die sehr sonderbaren Versuche des Hrn. B. Prévost zu erinnern ¹⁾. Als dieser Physiker weißes unpolarisirtes Licht mehrmals an Metallen reflectiren liefs, fand er, daß die Farbe der Metalle sich durch die Vervielfältigung der Reflexionen veränderte und weit lebhafter wurde. Silber nahm nach 10 Reflexionen eine bronzeähnliche Farbe an; Gold und Kupfer wurden schön purpurfarben und im Allgemeinen erlitten alle Metalle analoge Veränderungen. Da es von besonderem Interesse war diese Farben zu berechnen, so haben wir es für unsere Metalle nach zehn Reflexionen gethan:

1) *Ann. de chim. et de phys., Ser. II, T. IV, p. 192 et 436. (P.)*

Metalle der ersten Reihe.

	Nach einer Reflexion.			Nach 10 Reflexionen.		
	<i>U.</i>	<i>A.</i>	$1-A.$	<i>U.</i>	<i>A.</i>	$1-A.$
Kupfer	69° 56'	0,113	0,887	43° 29'	0,812	0,188
Glockengut	Orange, sehr roth	0,065	0,935	Roth	0,767	0,233
	83° 10'			40° 40'		
Messing	Orange gelb	0,112	0,888	Roth	0,349	0,650
	103° 13'			62° 50'		
	Gelb	0,013	0,987	Orange, sehr roth	0,124	0,876
Silber	89° 0'			84° 32'		
	Orange, sehr gelb			Orange, gelb		

Da beim Kupfer, nach einer Reflexion, $U=69^\circ 56'$ und der Bogen, der das Roth vorstellt, eine Strecke von 60° einnimmt, so fällt der Schwerpunkt des Gemisches in's Orange, aber sehr nahe am Roth. Das Metall muß also diese Farbe zeigen, und dem widerspricht der Versuch auch nicht.

Das reflectirte Licht enthält 887 weiße und 113 orangefarbene Strahlen, wird also von verwaschener und schwacher Farbe seyn, wie es bei guter Politur des Metalls wirklich der Fall ist.

Unter allen Metallen ist das Kupfer dasjenige, welches bei Vervielfältigung der Reflexionen die merkwürdigsten Farbenveränderungen erleidet. Blafs und wenig merklich nach einer Reflexion nimmt die Farbe nach 10 Reflexionen einen sehr merkwürdigen Glanz und ein sehr reines Purpurroth an. Ueberdies besitzt das reflectirte Licht die merkwürdige Eigenschaft, daß es beinahe homogen und fast unzersetzbar durch das Prisma ist ¹⁾. Ein so scharfes experimentelles Resultat verdient unsere besondere Aufmerksamkeit, indem es uns eine entscheidende und einzige Gelegenheit giebt die Genauigkeit der Theorie darzuthun.

Nun finden wir in unserer Tafel $U=43^\circ 29'$, was die Farbe fast in die Mitte des Roth versetzt; andererseits sind $A=0,812$ und $1-A=0,187$, also dürfen wir behaupten, daß die Farbe fast homogen, fast gänzlich von Weiß befreit sey.

1) Was schon Brewster gefunden hat, wie Hr. Babinet in den *Compt. rend.*, T. XXV, p. 85, bemerkt.

Messing und Glockengut, beide wohl polirt, zeigen dem Auge, das erstere, eine sehr hervortretende gelbe Farbe, das zweite, eine orangerothe weit verwaschenere. Vielfältigt man die Reflexionen, so ändern sich ihre Farben: das Messing wird orangefarben, und das Glockengut schön roth, wenig vermengt mit Blau. Ein Blick auf vorstehende Tafel zeigt, dass diese Resultate getreu vom Calcul ausgedrückt sind. Die Gränze zwischen Gelb und Orange liegt bei $94^{\circ} 55'$, wir fanden 103° , wonach die Farbe des Messings gelb ist; und die Farbe des Glockenguts, ausgedrückt durch die Zahl $83^{\circ} 10'$, ist ein recht deutliches Orange. Diefes letztere reflectirt 0,935 Weifs, ist also blässer als Messing, welches davon 0,887 liefert.

Nach 10 Reflexionen giebt die Tafel für Glockengut eine rothe Farbe, in welcher sich sehr wenig Weifs (0,232) findet, und das Messing ist orange geblieben, da es noch 0,650 Weifs behalten hat.

Ein Stück gediegen Silber, wohl polirt und von vollkommener Weise giebt, nach Einer Reflexion $U=89^{\circ}$; dißs ist eine Orangenfarbe, aber eine schwache, da sie durch den ungeheuren Antheil von Weifs, 0,987 unmerklich geworden. Zehn Reflexionen geben diesem Metall eine immer orangene, aber dem Roth nahe kommende Farbe ($84^{\circ} 32'$) und eine so schwache Beimischung (0,876) vom Weifs, dass die eigenthümliche Farbe erkennbar bleibt. Es ist merkwürdig, dass die Farbe des Glockenguts nach Einer Reflexion, und die des Silbers nach zehn, durch beinahe identische Werthe von U ($83^{\circ} 10'$ und $84^{\circ} 32'$) vorgestellt werden. Ich mache diese Bemerkung unter der Erinnerung, dass B. Prevost die Farbe des Silbers, um sie zu charakterisiren, mit der des Glockenguts vergleicht.

Metalle der zweiten Reihe.

	Nach einer Reflexion.			Nach zehn Reflexionen.		
	θ .	A .	$1 - A$.	θ .	A .	$1 - A$.
Zink	180° 67'	0,021	0,979	264° 58'	0,188	0,812
	Blau			Indigblau		
Stahl	74° 33'	0,017	0,983	— 22° 50'	0,089	0,912
	Orangeroth			Violett		

Wir wiederholen hier in allgemeiner Weise eine Bemerkung, die bei Gelegenheit des Silbers gemacht wurde: Es giebt eine große Zahl von Metallen, die, ohne vollkommen weiß zu seyn, dennoch keine so charakterisirte Farbe besitzen, daß man sie in der Farbenskala festsetzen könnte. Die Formeln zeigen diesen Fall an, indem sie zwar eine bestimmte Farbe ergeben, aber dermaßen überwiegend mit Weiß gemengt, daß sie unerkennbar wird. Offenbar wird die Farbe bei einer kleinen Aenderung des Werthes der Constanten sehr variiren und durch Beobachtungsfehler verfälscht werden können. Wir dürfen auf die Angabe der Farbe nur dann einige Wichtigkeit legen, wenn sie in dem reflectirten Gemenge in beträchtlicher Menge vorhanden ist. Diese Bemerkung gilt vor allem für die vorstehenden Metalle. So wird das Zink nach einer Reflexion weiß seyn, und erst nach zehn Reflexionen gefärbt erscheinen. Diefes ist leicht zu bestätigen.

Während alle Metalle sich durch vervielfältigte Reflexionen färben, behält der Stahl immer das Ansehen von weißem Licht. Dieses unter unseren Metallen einzige Beispiel wird getreu durch unsere Rechnung ausgedrückt. Nach einer und nach zehn Reflexionen bleibt der Antheil des Weiß fast gleich und dermaßen vorherrschend, daß die in der Tafel angegebene Farbe nicht sichtbar seyn kann.

Es bleibt uns noch vom Spiegelmetall zu sprechen. Es gab die folgenden Zahlen:

	<i>U.</i>	<i>A.</i>	$1 - A.$
Nach einer Reflexion	67° 25'	0,028	0,972
	Orange, sehr roth		
Nach 10 Reflexionen	53° 59'	0,292	0,708
	Roth, orangefarben		

Diese Resultate legen sich wie die früheren aus. Nach einer Reflexion ist das Metall weifs; nach 10 Reflexionen nimmt es eine sehr sichtbar rothe Farbe an. Die Erfahrung bestätigt dies Resultat.

F o l g e r u n g e n .

In dieser Abhandlung habe ich mir vorgesetzt, an einigen Beispielen die Gesetze der Variation der die Metalle charakterisirenden Constanten aufzusuchen und die Färbung dieser Körper zu erklären. Ich habe gezeigt:

1) dafs bei allen beobachteten Metallen die Incidenzen der wiederhergestellten Polarisation abnehmen vom Roth zum Violett;

2) dafs bei einer Klasse von Metallen die Azimute der wiederhergestellten Polarisation abnehmen vom Roth zum Violett;

3) dafs bei einer zweiten Klasse von Metallen dieselben Azimute zunehmen statt abzunehmen;

4) dafs beim Spiegelmetall diese Azimute abnehmen vom Roth zum Grün, und zunehmen vom Grün zum Violett.

5) dafs alle Metalle der ersten Klasse nothwendig mit den weniger brechbaren Farben erscheinen, und nach hinreichend vervielfältigten Reflexionen immer roth werden;

6) dafs die der zweiten Klasse, obwohl sie alle Farben des Spectrums zeigen können, meistens weifs sind;

7) dafs die berechnete Farbe der Metalle immer identisch ist mit der beobachteten.

V. Ueber die Reflexion des Lichts an einem opaken Körper, besonders einem Metalle;
von Hrn. A. Cauchy.

(*Compt. rend.* (1848), T. XXV, p. 86). — Die wichtige Bestätigung, welche die Formeln des Hrn. Cauchy durch die vorhergehende Arbeit des Hrn. Jamin erhalten haben, veranlaßt uns dieselben hier mitzutheilen. P.)

Denken wir uns, es falle ein Lichtstrahl auf die Oberfläche eines opaken, aber isophanen Körpers, z. B. eines Metalls, und nennen τ den Einfallswinkel, gebildet vom Lichtstrahl mit der Normale der reflectirenden Fläche. Seyen überdies Θ , ε zwei Constante, so gewählt, daß die Producte:

$$\Theta \cos \varepsilon, \quad \Theta \sin \varepsilon$$

bei senkrechtem Einfall einerseits den Refraktionsindex und andererseits den Auslöschungscoefficienten vorstellen. Die Formeln, welche ich in den *Comptes rendus* von 1836 und 1839 für die Reflexion des Lichts an Metallen aufgestellt habe, ergeben sich, wie ich gesagt habe, aus den Bedingungsgleichungen, die in §§. 24 und 25 der 7. Lieferung der *Nouveaux Exercices de Mathématiques* (p. 203) enthalten und im T. VIII der *Comptes rendus* (p. 970) wieder abgedruckt sind.

Von diesen Bedingungsgleichungen ausgehend und die Intensität des Lichts durch I^2 oder J^2 vorstellend, je nachdem der einfallende Strahl winkelrecht oder parallel zur Einfallsebene polarisirt ist, findet man bei senkrechtem Einfall:

$$I^2 = J^2 = \tan^2(\psi - \frac{1}{2}\pi); \dots \dots \dots (1)$$

der Werth von ψ ist gegeben durch die Formel:

$$\cot \psi = \cos \varepsilon \sin(2 \arctan \Theta), \dots \dots \dots (2)$$

und bei schiefem Einfall:

$$I^2 = \tan^2(\varphi - \frac{1}{2}\pi), \quad J^2 = \tan^2(\chi - \frac{1}{2}\pi) \dots \dots (3)$$

wo φ und χ gegeben sind durch die Formeln:

$$\left. \begin{aligned} \cot \varphi &= \cos(2\varepsilon - v) \sin\left(2 \arctan \frac{U}{\Theta^2 \cos \tau}\right) \\ \cot \chi &= \cos v \sin\left(2 \arctan \frac{\cos \tau}{U}\right) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

in welchen ist:

$$\left. \begin{aligned} \cot(2v - \varepsilon) &= \cot \varepsilon \cos\left(2 \arctan \frac{\sin \tau}{\Theta}\right) \\ U &= \left(\frac{\sin 2\varepsilon}{\sin 2v}\right)^{\frac{1}{2}} \Theta \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Wenn der einfallende Strahl nach irgend einer Ebene polarisirt ist, so kann er wenigstens zerlegt werden in zwei andere, es polarisirt der eine in der Einfallsebene und der andere winkelrecht darauf, folglich in zwei Strahlen, deren respective Intensitäten durch die Gleichungen (1) und (3) gegeben sind. Setzt man überdies voraus, diese beiden Strahlen seyen, vor der Reflexion, geradlinig polarisirt, so dafs ihre Knoten zusammenfallen, so wird die Reflexion an der Metallfläche diese Knoten trennen, und nennt man δ den nach der Reflexion vorhandenen Unterschied zwischen den Phasen beider Strahlen, so wird man haben:

$$\tan \delta = \tan 2\omega \sin v \quad (6)$$

wo der Winkel ω bestimmt ist durch die Formel:

$$\tan \omega = \frac{U}{\sin \tau \tan \varepsilon} \quad (7)$$

Die vorstehenden Formeln setzen voraus, man kenne die Werthe von Θ und ε für jedes Metall. Um diese Werthe zu bestimmen, genügt es den besonderen Fall zu betrachten, wo der Winkel τ sich auf die *Haupt-Incidenz*, den *Maximum polarising angle* des Hrn. Brewster, reducirt. Der Winkel δ ist dann 45° , und die Formeln (6) und (7) geben:

$$\omega = \frac{1}{2}\pi \quad U = \sin \tau \tan \tau$$

Alsdann hat man auch:

$$v = 2\Pi,$$

wo Π das Reflexionsazimut bezeichnet, d. h. das, was das Azi-

Azimut des reflectirten Strahles wird, wenn das Azimut des einfallenden Strahls die Hälfte eines rechten Winkels ist. Aus den Formeln (5) ergibt sich:

$$\left. \begin{aligned} \tan(2\varepsilon - \nu) &= \tan \nu \cos(\pi - 2\tau) \\ \Theta &= \left(\frac{\sin 2\nu}{\sin 2\varepsilon} \right)^{\frac{1}{2}} U \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

Die Formeln (8) erlauben, den Extinctions-Coëfficienten und den Refraktionsindex für jedes Metall zu berechnen. Wie ich schon in einer anderen Abhandlung bemerkt habe, ist der Refraktionsindex eines Metalls viel kleiner als man es insgemein glaubt. So z. B. hat man sich darüber gestritten, ob der Refraktionsindex des Quecksilbers 4,9 oder 5,8 sey, während er in Wahrheit nur 1,7 ist oder etwa drei Mal kleiner als man es glaubte.

Da das Verhältniß $\frac{1}{\Theta}$ für die verschiedenen Metalle nicht beträchtlich ist, so folgt, daß bei der Refraction an einem Metall die Formeln (5) nahezu geben:

$$\nu = \varepsilon \quad U = \Theta.$$

Demzufolge erleiden auch der Extinctionscoëfficient und der Refraktionsindex nur unbedeutende Veränderungen, wenn der einfallende Strahl sich von der Normale der reflectirenden Fläche entfernt, und die Formeln (4) lassen sich bei einer ersten Annäherung ersetzen durch folgende:

$$\left. \begin{aligned} \cot \varphi &= \cos \varepsilon \sin \left(2 \arctan \frac{1}{\Theta \cos \tau} \right) \\ \cot \chi &= \cos \varepsilon \sin \left(2 \arctan \frac{\cos \tau}{\Theta} \right) \end{aligned} \right\} \dots \dots (9)$$

Die Formeln (9) haben mir, auf Stahl angewandt, von $\tau = 0^\circ$ bis $\tau = 75^\circ$, wenigstens bis auf ein Hundertel dieselben Resultate gegeben wie die Formeln (4), und diese Resultate stimmen überein mit den Versuchen, welche Hr. Brewster in seiner Abhandlung von 1833 ¹⁾ bekannt gemacht hat.

1) Annalen, Bd. 21, S. 219.

VI. *Ueber das Vorkommen des vanadinsauren Kupfers und des Mangankupfers bei Friedrichsrode am Thüringer Wald; von H. Credner in Gotha.*

Von der Fundstätte des Volborthits bei Friedrichsrode erhielt ich im vorigen Sommer ein derbes regellos gestaltetes Mineral, welches in einem braunen Letten zwischen dem schaligen Philomelan des im Todtliegenden aufsetzenden Braunsteinganges inne gelegen hatte. Es war von einer schwachen Kruste kugligtraubigen Psilomelans umgeben. Der Kern bestand aus einer höchst feinkörnigen, fast dichten grauen Masse, aus welcher sich kleine Parthien eines gelblichgrünen, blättrigkörnigen, dem Volborthit ganz ähnlichen Minerals ausgeschieden hatten. Bei näherer Prüfung ergab sich, daß die ganze Masse, die graue wie die grüne, aus vanadinsauren Verbindungen, und zwar aus Vanadinsäure, Kupferoxyd, Kalkerde, Talkerde und Manganoxydul nebst Wasser besteht. Sowohl das zeisiggrüne Mineral aus der Mitte des Stückes, wie die graue und lichtzeisiggrüne Abänderung nach dem Rande zu, wurden einer näheren Untersuchung unterworfen.

a) Untersuchung des grünen Minerals.

Es ist krystallinisch kleinblättrig, nach einer Richtung sehr vollkommen spaltbar, von zeisiggrüner Farbe, in Strich und Pulver grünlichgelb in das Graue stechend; auf den Spaltungsflächen schwach perlmutterglänzend, übrigens nur schimmernd; undurchsichtig, nur in dünnen Lamellen schwach durchscheinend; von geringer Härte. Spec. Gewicht = 3,495. Ist etwas von der dichten grauen Masse beigemengt, so steigt das spec. Gewicht. Im Glaskölbchen geglüht, verliert es Wasser und wird schwarz. Vor dem Löthrohr verhält es sich ganz wie Volborthit¹⁾. Auf der Kohle

1) Ueber Volborthit, von Dr. Volborth, mitgetheilt von Hefs in Erdmann's Journal für pract. Chemie, Bd. 14, S. 52.

schmilzt es zur schwarzen glänzenden Perle, welche sich bei längerem Blasen auf der Kohle zu einem schwarzgrauen, metallischglänzenden Ueberzug ausbreitet und ein Korn von metallischem Kupfer umgiebt.

Mit Borax bildet das Mineral in äußerer Flamme ein grünes, in's Gelbliche stechendes Glas, in der inneren Flamme wird dasselbe tief smaragdgrün und dann emailartig kupferroth. Nach länger fortgesetztem Blasen wird die Perle nicht farblos, sondern bleibt grün, selbst nach Zusatz von Zinn. — Dieselben Reactionen treten noch deutlicher bei Anwendung des Phosphorsalzes hervor.

Mit Soda auf Kohle behandelt, scheidet sich ein Kupferkorn aus.

In Salpetersalzsäure leicht und ohne Aufbrausen mit Chlorentwicklung löslich. Die Solution ist bei Säureüberschuß grün, bei völliger Sättigung tief pomeranzengelb. Aus der gesättigten Solution entsteht bei Verdünnung mit Wasser ein bräunlichgelber Niederschlag und die Solution färbt sich allmählig lichtgrün. Aus der grünen Auflösung wird das Kupfer durch Eisen niedergeschlagen, wobei sich die Flüssigkeit zugleich licht smalteblau färbt. Gleiche Färbung bringt Zucker und Weinsteinsäure in der grünen hervor. — Uebergießt man das Mineral mit concentrirter Schwefelsäure, so löst es sich ohne Chlorentwicklung auf und es bilden sich weiße nadelförmige Krystalle von Gyps.

Bei der quantitativen Untersuchung des Minerals gelang die directe Ermittlung der Menge der Vanadinsäure durch Darstellung von vanadinsaurem Ammoniak nicht, indem es schwer hielt, die Vanadinsäure vom Mangan zu trennen. Die Anwendung des schwefelwasserstoffsäuren Ammoniaks unter Beobachtung der von H. Rose ¹⁾ für Vanadin und Antimon gegebenen Vorschriften führte nicht zum Zweck; es blieb ein schmutziggrauer Rückstand von Mangan und Vanadin. Eben so erfolglos war der Versuch, das Mangan durch Sättigung mit Chlor und Zusatz von kohlen-saurem Kali in schwachem Uebermaafs vom Vanadin zu tren-

1) Handbuch der analyt. Chemie. 3. Aufl. Bd. 2, S. 369.

nen. Der anfangs gebildete grauweiße Niederschlag löste sich mit tief kohlgrüner Färbung der Solution, ohne Spur eines schwarzbraunen Rückstandes, auf. Eine der Wahrheit, wie es scheint, nahe kommende Ermittlung des Vanadiningehaltes wurde durch Fällung des Vanadinoxids mit Ammoniak erreicht.

Mit je zwei Grammen des grünen Minerals vom spec. Gewicht = 3,459 wurden zwei Untersuchungen vorgenommen; bei der einen wurde es in Salpetersalzsäure aufgelöst, bei der andern, nach Angabe von Berzelius ¹⁾, mit Schwefel und kohlensaurem Kali geschmolzen.

Erste Analyse. Das fein pulverisirte Mineral wurde in Salpetersalzsäure aufgelöst. Nach Abscheidung des geringen grauen flockigen Rückstands wurde die schwachsaure Solution mit Schwefelwasserstoff gesättigt, das gefällte Schwefelkupfer wieder aufgelöst, die erhaltene Solution kochend mit Aetzkali versetzt, und der schwarzbraune Niederschlag geglüht und als Kupferoxyd berechnet.

Die kupferfreie lichtblaue Solution wurde nach vollständiger Entfernung des Schwefels mit Aetzammoniak in schwachem Uebermaafs übersättigt, wodurch ein flockiger, hellbrauner Niederschlag von vanadigsaurem Ammoniak entstand. Er wurde rasch filtrirt und mit ammoniakalischem Wasser ausgesüßt. Der ausgesüßte Niederschlag wurde noch feucht vom Filter genommen, da er sich beim Trocknen auf dem Filter allmählig schmutziggrün färbt und in das letztere theilweise hineinzieht, getrocknet und in einem bedeckten, ringsum mit Kohlen umgebenen Tiegel geglüht. Die erhaltene schwarze, schwach halbmatalisch glänzende, bröcklige Masse enthielt jedoch noch Mangan. Nach erfolgter Bestimmung ihres Gewichts wurde sie in Salpetersäure aufgelöst, und die mit kohlensaurem Kali gesättigte Solution zur Trockniss eingedampft. Der getrocknete Rückstand wurde mit Salpeter geschmolzen und die schmutzigbraune geschmolzene Masse mit Wasser aufgelöst; aus der neutralisirten, concentrirten Solution wurde durch eingelegten Salmiak vanadinsaures

1) Poggendorff's Annalen, Bd. 22, S. 66.

Ammoniak gefällt und aus diesem die Vanadinsäure dargestellt. Es zeigte sich indessen die gefundene Menge derselben zu niedrig, indem der braune Rückstand der mit Salpeter geschmolzenen Masse aufser Mangan noch Vanadin enthielt. Er wurde geglüht und nach dem Glühen mit diluirter Salpetersäure übergossen, in welcher sich derselbe bis auf eine schwarzbraune flockige Masse auflöste. Geglüht gab sie ein hellbraunes Pulver, welches sich wie Manganoxydoxydul verhielt. Die Menge desselben wurde von dem durch Aetzammoniak erhaltenen geglühten Niederschlag abgezogen, und der Rest als Vanadinoxid betrachtet und hiernach die Vanadinsäure berechnet.

Nachdem die ammoniakalische, völlig farblose, Flüssigkeit, aus welcher das Vanadinoxid durch Ammoniak gefällt worden war, auf einen Rückhalt von Vanadin und Mangan durch schwefelwasserstoffsäures Ammoniak geprüft worden war, wurde die Kalkerde durch oxalsaures Kali gefällt, der Niederschlag nach 24 Stunden abfiltrirt, getrocknet und geglüht, und das Gewicht der kohlen-sauren Kalkerde nach erfolgter Prüfung mit Zusatz von kohlen-saurem Ammoniak bestimmt und hiernach die Menge berechnet.

Zuletzt wurde eine geringe Menge von Talkerde durch Zusatz von kohlen-saurem Ammoniak und phosphorsäurem Natron bestimmt, nachdem der erhaltene weisse, krystallinisch-körnige Niederschlag geglüht worden war.

Der Wassergehalt wurde durch einen besonderen Versuch ermittelt. Es wurden 1,430 Grm. des pulverisirten Minerals geglüht, bis es völlig schwarz war, ohne zusammenzusintern. Nach dem gefundenen Glühverlust von 0,066 Grm. berechnet sich ein Wassergehalt von 4,62 Proc.

Zweite Analyse. Es wurden 2 Grm. des pulverisirten Minerals mit 5 Grm. kohlen-saurem Kali und $1\frac{1}{2}$ Grm. Schwefel gemengt und eine Viertelstunde in Flufs erhalten. Die völlig geschmolzene schwarzbraune Masse wurde mit Wasser aufgeweicht und die erhaltene dunkelbierrothe, bei hinlänglicher Verdünnung klare durchsichtige Flüssigkeit vom schwarzbraunen Rückstand getrennt.

Aus der bierrothen Flüssigkeit wurde das Schwefelvanadin durch vorsichtigen Zusatz von verdünnter Schwefelsäure gefällt; dennoch färbte sich die abfiltrirte Flüssigkeit schwach bläulich. Bei Wiederauflösung des Schwefelvanadins ergab sich, daß mit demselben eine nicht geringe Menge von Kupfer verbunden war. Eben diese Erscheinung wiederholte sich, als eine Lösung des Minerals vor Ausscheidung des Kupfers mit schwefelwasserstoffsaurem Ammoniak behandelt wurde; die purpurrothe, klare Solution enthielt außer Schwefelvanadin auch Schwefelkupfer in Auflösung.

Da sich bei Auflösung des Rückstandes der geschmolzenen und mit Wasser aufgeweichten Masse ergab, daß dadurch nicht alles Vanadin ausgeschieden war, so wurde diese Analyse nur zur Bestimmung des Kupfers, der Kalkerde und der Talkerde benutzt, indem, wie bei der ersten Analyse, das Kupfer durch Schwefelwasserstoff, und die Kalkerde, nach Entfernung des Vanadinoxys und Mangans, durch schwefelwasserstoffsaures Ammoniak, unter Vermeidung eines Ueberschusses des letzteren, durch oxalsaures Kali, die Talkerde hingegen durch kohlsaures Ammoniak und phosphorsaures Natron ausgeschieden wurde.

Nach den auf vorstehende Weise angestellten beiden Analysen enthält das untersuchte grüne Mineral:

	in 2 Grm.			in 100 Th. mit Sauerstoff	
	nach I	nach II	im Mittel		
Kupferoxyd	0,8746	0,8911	0,8829	44,15	8,91
Kalkerde	0,2519	0,2394	0,2457	12,28	3,45
Talkerde	0,0092	0,0108	0,0100	0,50	0,19
Manganoxydul	0,0080	—	0,0080	0,40	0,09
Vanadinsäure	0,7315	—	0,7315	36,58	9,49
Wasser	0,0923	—	0,0923	4,62	4,62
Rückstand	0,0020	—	0,0020	0,10	
Verlust	0,0305	—	0,0276	1,37	
	2,0000		2,0000	100,00.	

12,64

b) Untersuchung des grauen Minerals.

Es ist dicht bis krystallinisch feinkörnig, grünlichgrau mit einem Stich in's Bräunliche (manchen Abänderungen des derben natürlichen Schwefels ähnlich), im Strich und Pulver bräunlichgelb in's Grünliche stechend. Undurchsichtig; schimmernd, dem wachsartigen Glanz sich nähernd. Bruch uneben in's Splittige; spröde. Härte = $3\frac{1}{2}$ (zwischen Kalkspath und Flusspath.) Spec. Gewicht = 3,860, bei Beimengung des grünen Minerals an Gewicht abnehmend. Gegen die Säuren und vor dem Löthrohr verhält es sich ganz, wie das letztere.

Dritte Analyse. 2 Grm. des grauen Minerals vom spec. Gew. = 3,860 wurden pulverisirt im Platintiegel langsam erhitzt, bis sie zu einer schwarzen Masse zu siutern begann. Der Gewichtsverlust betrug 0,101 Grm.

Nach Auflösung der schwarzen Masse in Salpetersäure und Abscheidung des unlöslichen Rückstandes von 0,015 Grm. wurde die Solution in gleicher Weise behandelt, wie bei Analyse I des grünen Minerals. Das Glühen des vanadigsäuren Ammoniaks gelang indessen weniger, so daß die geglühte Masse nicht rein schwarz war, sondern jedenfalls in Folge von Bildung von etwas Vanadinsäure einen Stich in's Braune zeigte, weshalb auch die gefundene Menge der letzteren zu hoch seyn möchte.

Durch diese Analyse wurden im grauen Mineral gefunden:

	in 2 Grm.	in 100 Th.	mit Sauerstoff.
Kupferoxyd	0,7655	38,27	7,72
Kalkerde	0,3330	16,65	4,68
Talkerde	0,0184	0,92	0,36
Manganoxydul	0,0104	0,52	0,12
Vanadinsäure	0,7804	39,02	10,13
Wasser	0,1010	5,05	4,49
Rückstand	0,0150	0,76	
	<hr/> 2,0237	<hr/> 101,18.	

Vierte Analyse. Um das untersuchte Mineral auf einen Gehalt von Phosphorsäure zu prüfen, wurden 2 Grm. des lichtzeisiggrünen Mineralen, welches vom Rand der Stufe abgeschlagen worden war, mit kohlensaurem Natron gekocht. Die klare wasserhelle Solution, welche sich bei Zusatz von Salpetersäure gelb färbte, wurde abfiltrirt, und der erhaltene Rückstand noch zwei Mal mit kohlensaurem Natron gekocht und zur Trockne eingedampft, bis die Auslaugeflüssigkeit durch Salpetersäure nicht mehr gelb gefärbt wurde.

Die erhaltene Solution wurde mit Salpetersäure neutralisirt und concentrirt. Durch eingelegten Salmiak schlug sich ein pomeranzgelbes blättrigkörniges Pulver nieder. Dieses wurde abfiltrirt und zuerst mit diluirter Salmiaklösung, dann mit Alkohol ausgesüßt. Der ausgesüßte Niederschlag wurde im offenen Platintiegel, unter fortwährendem Umrühren, erhitzt; nach Entweichung des Ammoniaks bildete er ein bräunlichgelbes Pulver. In erhöhter Temperatur geschmolzen, blieb er braungelb mit violettem Anflug auf Oberfläche und krystallinisch - sternförmigen Facetten, in Folge einer geringen Beimengung von Vanadinoxid. — Mit etwas Salpeter geschmolzen, entstand eine schön morgenrothe Masse, welche sich bei Zusatz von Aetzkali als farblose Flüssigkeit — einfach vanadinsaures Kali — auflöste. Die Menge der auf diese Weise gefundenen Vanadinsäure betrug nur 24,40 in 100 Th. Die salmiakhaltige Auslaugeflüssigkeit wurde daher nach der Berthier'schen Methode auf Phosphorsäure geprüft. Es wurde 0,130 Grm. metallisches Eisen in Salzsäure aufgelöst und durch Zusatz von Salpetersäure in Eisenchlorid verwandelt. Diese Auflösung wurde zur salmiakhaltigen Flüssigkeit gesetzt und hierauf mit Aetzammoniak gefällt. Der geglühte rothe Niederschlag wog 0,1884 Grm., während 0,130 Grm. Eisen 0,1875 Grm. Oxyd entsprechen, woraus sich eine Gewichtszunahme von 0,0009 Grm. ergibt, so daß das Mineral als frei von Phosphorsäure betrachtet werden kann.

Die geringe Menge der gefundenen Vanadinsäure gab Anlaß zur näheren Prüfung des Rückstandes von dem mit

kohlensaurem Natron gekochten Mineral. Er wurde in Salpetersalzsäure aufgelöst und nach Abscheidung eines geringen Rückstandes mit Schwefelwasserstoff behandelt. Nach Abfiltrirung und Bestimmung des Kupfers in der angeführten Weise zeigte sich die Flüssigkeit noch lichtblau. Sie wurde mit schwefelwasserstoffsäurem Ammoniak mit Vermeidung jedes Ueberschusses versetzt und der schwarzgraue Niederschlag abfiltrirt. Er enthielt Vanadin und Mangan, deren Trennung gleiche Schwierigkeit verursachte, wie bei der ersten Analyse. Nach mehrmaligem Schmelzen mit kohlensaurem Kali und Salpeter wurde eine geringe Menge von Mangan gefunden. Die quantitative Bestimmung der Vanadinsäure gelang nicht, indem die mit Salmiak gesättigte Solution nur einen Theil der Vanadinsäure als weisses vanadinsaures Ammoniak fallen liefs, während sie tief gelb gefärbt blieb, worauf die zu grofse Menge der Alkalien einwirken mochte.

Die vom Vanadin geschiedene Solution wurde mit Salzsäure schwach sauer gemacht, vom überschüssigen Schwefel befreit und hierauf nach Zusatz von Ammoniak, Kalkerde und Talkerde in der früher angegebenen Weise bestimmt.

Als Resultat der vierten Analyse ergab sich, wenn die Menge der Vanadinsäure nach dem Verlust bestimmt wird:

	in 2 Grm.	in 100 Th. mit Sauerstoff.	
Kupferoxyd	0,7780	38,90	7,85
Kalkerde	0,3480	17,40	4,89
Talkerde	0,0174	0,87	0,37
Manganoxydul	0,0106	0,53	0,12
Vanadinsäure	0,7383	36,91	9,58
Wasser	0,0923	4,62	4,10
Rückstand	0,0154	0,77	
	<u>2,0000</u>	<u>100,00.</u>	

Hiernach stimmt diese letztuntersuchte Abänderung des grünen Minerals seiner Zusammensetzung noch mit dem grauen Volborthit überein.

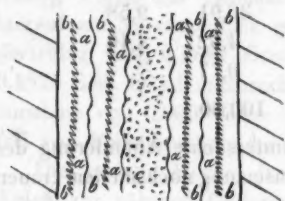
Vergleicht man die Sauerstoffmengen in den angestellten Analysen, so verhalten sich die der Basen, der Säure und des Wassers bei allen nahebei wie 4 : 3 : 1, wonach das untersuchte Mineral als eine wasserhaltige basisch vanadinsäure Verbindung nach der Formel $R^4 \ddot{V}a + H$ betrachtet werden kann, in welcher R wesentlich aus Kupferoxyd und Kalkerde mit geringen Beimengungen von Talkerde und Manganoxydul besteht. In dem zuerst untersuchten grünen Mineral (Analyse I und II) ist die Menge des Kupferoxyds vorwiegender, als bei dem Mineral, welches zu den Analysen III und IV verwendet wurde, wogegen sich bei diesem mehr Kalkerde findet. Für das erstere paßt nach Analyse I und II die Formel:

	$5 Cu^4 \ddot{V}a + 2 Ca^4 \ddot{V} + 7 H$
mit	45,81 Kupferoxyd
	13,16 Kalkerde
	37,39 Vanadinsäure
	3,64 Wasser
	<hr/> 100.

Für das graue und hellgrüne Mineral paßt nach Analyse III und IV die Formel:

	$3 Cu^4 \ddot{V}a + 2 Ca^4 \ddot{V}a + 5 H$
mit	39,29 Kupferoxyd
	18,82 Kalkerde
	38,18 Vanadinsäure
	3,71 Wasser
	<hr/> 105,00.

Die derartige Zusammensetzung des Minerals dürfte in



dem Vorkommen und der wahrscheinlichen Entstehungsweise desselben ihre Bestätigung finden. Es kommt als ein offenbar secundäres Gebilde auf einem $\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß mächtigen, in Melaphyrconglomerat auf-

setzenden Braunsteingang vor. Dieser bestand ursprünglich aus Psilomelan *a* und Kalkspath *b*, welche in mehrfachen parallelen Lagen mit einander wechselten. Der Kalkspath war auf der der Gangmitte zugewendeten Seite in Sklenoëdern R^3 krystallisirt. Der Psilomelan enthielt blättrigen Schwerspath, Polianit und Manganit, so wie Mangankupfer beigemengt. Durch eine spätere Einwirkung erweiterte sich theilweise die Gangspalte; der neue Raum füllte sich mit Bruchstücken des älteren Ganggesteines, mit Zersetzungsproducten derselben und mit Letten (*c*, *c* der Figur) aus. Der Zersetzung war zunächst der Kalkspath unterworfen, welcher fast ganz verschwand, so daß sich jetzt sein früheres Daseyn nur durch die zelligen Eindrücke bezeugt, welche seine Krystalle auf der äußeren Seite der Psilomelanlagen hinterließen. Der Polianit verwandelte sich in Pyrolusit mit blättrigkörnigem Gefüge und mit Drüsen kleiner Krystalle; der strahlige Manganit in strahligen Pyrolusit, häufiger noch in Hausmannit, welcher sich theils in zierlichen Krystallen, auf zerfressenem Schwerspath und Psilomelan, theils in Pseudomorphosen der Manganitkrystalle findet; das Mangankupfer endlich lieferte einen Theil des Materials zum Volborthit, der auf und zwischen ihm vorkommt, so wie zu Hausmannit. Als neuestes Ganggebilde trat bei dieser Zersetzung außer dem Letten die Vanadinsäure hinzu, welche namentlich mit dem Kupferoxyd und der Kalkerde Verbindungen einging. So entstand auch das zur Untersuchung verwendete Mineral aus dem Letten in Mitte der Gangmasse. Es mochte hauptsächlich aus der kalkerdereicheren Verbindung $3\text{Cu}^+\ddot{\text{V}}\text{a}+2\text{Ca}^+\ddot{\text{V}}\text{a}+5\text{H}$ bestehen, aus welcher sich im Inneren der Masse die kupferreichere Abänderung $5\text{Cu}^+\ddot{\text{V}}\text{a}+2\text{Ca}^+\ddot{\text{V}}\text{a}+7\text{H}$ ausschied.

Es wurde im Vorhergehenden das Vorkommen eines eigenthümlichen Mangankupfers erwähnt, über welches ich bereits bei einer anderen Gelegenheit ¹⁾ Nachricht mittheilte. Bei einer früheren Untersuchung dieses Minerals wurden in demselben

1) V. Leonhard u. Bronn. Neues Jahrb. f. Mineralogie 1847, S. 1.

43,85 Kupferoxyd

55,73 Manganoxydoxydul

gefunden. Die Analyse der mit ihm vorkommenden vana-
dinsäuren Verbindungen gab zu einer nochmaligen Unter-
suchung Anlaß. Zu derselben wurde das Material vom fr-
schesten der vorgekommenen Stücke entnommen. Das Mi-
neral ist krystallinisch-blättrig, eisenschwarz in's Stahlgraue,
metallisch glänzend, undurchsichtig. Nach einer Richtung
hin sehr vollständig spaltbar, weniger deutlich nach zwei
andern schiefwinklig sich schneidenden Richtungen. Bei
drei Bestimmungen wurde das specifische Gewicht zu 5,015,
zu 5,046 und 5,040, also im Mittel zu 5,034 gefunden.
Härte = $4\frac{1}{2}$ zwischen Flussspath und Apatit. Das Pulver
war schwarz mit einem Stich in's Braune; diese Beifärbung
dürfte jedoch nur von einer geringen Beimengung von Vol-
borthit herrühren, welches als zarter Anflug im Mineral ein-
gesprengt war.

Es wurden 2,400 Grm. des gepulverten Minerals über
der Spirituslampe erhitzt, bis es völlig schwarz war. Es
verlor dabei 0,006 Grm. an Gewicht. Es wurde hierauf
eine Viertelstunde lang in Rothglühhitze erhalten, wobei es
dunkelbraun wurde und 0,016 Grm. an Gewicht zunahm,
so daß das geglühete Mineral in Folge höherer Oxydierung
2,410 Grm. wog. Durch längeres Glühen fand keine wei-
tere Gewichtszunahme statt.

Das geglühete Pulver wurde in Salpetersalzsäure aufge-
löst, wobei sich Chlor entwickelte. Nach Abscheidung des
Rückstandes, welcher scharf getrocknet 0,015 Grm. wog,
wurde die Solution, so lange, als sich eine Trübung be-
merklich machte, mit verdünnter Schwefelsäure versetzt.
Der scharf getrocknete Niederschlag von schwefelsaurer Ba-
ryterde wog 0,019 Grm. mit 0,01247 Grm. Baryterde.

Die abfiltrirte grüne Solution wurde mit Aetzammoniak
abgestumpft, jedoch so, daß sie noch schwach sauer rea-
girte. Nach Fällung des Kupfers durch Schwefelwasserstoff
wurde der Niederschlag in Salpetersalzsäure aufgelöst und
aus der kochenden Solution das Kupfer durch Aetzkali nie-
dergeschlagen. Das geglühete Kupferoxyd wog = 1,011 Grm.

Aus der kupferfreien Solution fällt schwefelwasserstoffsaures Ammoniak im Uebermaafs das Mangan. Der fleischrothe Niederschlag wurde in Salzsäure aufgelöst und aus der kochenden Lösung durch kohlensaures Kali das Mangan gefällt. Das geglühte zimmtbraune Manganoxidoxydul wog 1,3107 Grm. Die Auslaugeflüssigkeit wurde bis zur Trockne eingedampft und der Rückstand mit kochendem Wasser aufgelöst, wobei noch 0,0064 Grm. Manganoxidoxydul, also im Ganzen 1,3171 Grm. Manganoxidoxydul erhalten wurden.

Die lichtbierrothe Solution, aus welcher das Mangan geschieden war, wurde mit Salzsäure zur Fällung des Schwefelvanadins versetzt, und dieses, so wie nach erfolgter Erwärmung der Flüssigkeit der Schwefel abgeschieden. Die ohnedieß geringe Menge von Vanadin wurde als aufserwesentliche Beimengung des Minerals nicht weiter bestimmt.

Die erhaltene wasserhelle Solution wurde mit etwas Aetzammoniak versetzt und hierauf die Kalkerde durch oxalsaures Kali gefällt. Der weisse Niederschlag wog geglüht 0,0266 Grm. kohlensaure Kalkerde mit 0,01497 Grm. Kalkerde.

Bei Zusatz von kohlensaurem Ammoniak und phosphorsaurem Natron zur abfiltrirten Flüssigkeit zeigte sich keine Spur von Talkerde.

Die Gewichtszunahme um 0,016 Grm. bei dem angeführten Glühversuch des Minerals erfolgte durch höhere Oxydation des in dem Mineral enthaltenen Manganoxidoxyduls. Einer Gewichtszunahme von 0,016 Gr. Sauerstoff entsprechen 0,2140 Gr. Manganoxidoxydul, welche geglüht 0,2300 Gr. Manganoxidoxydul geben. Die übrige Menge 1,3171 Gr. — 0,2300 Gr. = 1,0871 Gr. Manganoxidoxydul enthält 0,3370 Gr. Manganoxidoxydul und 0,7501 Gr. Manganoxyd, wonach sich die Summe des Manganoxidoxyduls zu 0,5510 Gr. berechnet.

Sonach wurden im untersuchten Mineral gefunden:

	in 2,400 Gr.	in 100 Th.	mit Sauerstoff.
Kupferoxyd	1,0110	42,13	8,50
Manganoxydul	0,5510	22,96	5,15
Baryterde	0,0125	0,52	0,05
Manganoxyd	0,7501	31,25	9,45
Kalkerde	0,0150	0,63	
Vanadinsäure	geringe Menge		
Wasser	0,0060	0,25	
Rückstand	0,0150	0,63	
	2,3606	98,35	

Läßt man Kalkerde, Vanadinsäure und Wasser als zufällige Beimengungen außer Betracht, und berücksichtigt man, daß die relativen Mengen von Manganoxydul und Manganoxyd auf die angegebene Weise nur annähernd ermittelt werden konnten, so dürften sich die Sauerstoffmengen in dem untersuchten Mineral wie 4 zu 3 verhalten und für seine Zusammensetzung die allgemeine Formel R^4M passen, wo R durch Kupferoxyd, Manganoxydul und Baryterde vertreten wird. Näher noch dürfte dieselbe durch die Formel



bezeichnet werden, wonach das Mineral aus

42,74 Kupferoxyd

23,06 Manganoxydul

34,20 Manganoxyd

bestehen würde. Mit dieser Formel, deren nahe Beziehung zu der für das untersuchte vanadinsaure Mineral gefundenen auffällt, stimmen auch die Zersetzungsproducte überein; die Vanadinsäure tritt zum Kupferoxyd, während sich das Manganoxyd und Manganoxydul mit geringem Ueberschuß des ersteren zu Hausmannit vereinigen.

VII. *Ueber das Mangankupfererz von Friedrichsrode, Zusatz zu der vorhergehenden Abhandlung; von C. Rammelsberg.*

Von Hrn. Bergmeister Credner in Gotha erhielt ich schon vor längerer Zeit das von ihm in dem vorstehenden Aufsätze beschriebene und untersuchte Mineral, welches nach seinen äußeren Eigenschaften und seiner Zusammensetzung ein neues und eigenthümliches, und wegen seiner Beziehungen zu den übrigen Manganerzen, besonders dem Psilomelan, von nicht geringem Interesse ist.

Der Beschreibung füge ich nichts weiter hinzu, als daß ich das spec. Gewicht in zwei Versuchen = 4,959 und 4,977 gefunden habe.

Vor dem Löthrohr schmelzen nur sehr dünne Blättchen in starker Hitze an den Kanten. Mit Borax erhält man ein dunkel violettes, mit Phosphorsalz ein grünes Glas, welches beim Abkühlen blau, und in der inneren Flamme kupferroth wird.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es unter Chlorentwicklung zu einer grünen Flüssigkeit aufgelöst.

Beim Erhitzen blieb das Gewicht entweder unverändert, oder es fand anfangs ein geringer Verlust (1,04 Proc.) und später eine noch geringere Gewichtszunahme (von 0,59 Proc.) statt.

Glüht man das Pulver in Wasserstoffgas, so erfolgt eine Reduction, es wird hellbraun, enthält metallisches Kupfer, und verliert 13,50 bis 13,58 Proc. am Gewicht ¹⁾. Mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, entwickelt es nun kein Chlor mehr, enthält also das Mangan als Oxydul; ein Theil löst sich auf, und diese Auflösung enthält sämmtliches Mangan, und, einem Versuch zufolge, etwa $\frac{1}{3}$ des Kupfers, nebst dem größten Theil des Baryts. Das Ungelöste besteht fast nur aus reducirtem Kupfer.

1) No. 3 und 5 der nachfolgenden Analysen.

In der ersten Analyse wurde der Sauerstoff durch Einleiten des beim Auflösen in Chlorwasserstoffsäure frei gewordenen Chlors in eine mit schwefliger Säure gesättigte Barytauflösung aus dem entstandenen schwefelsauren Baryt berechnet.

	1.	2.	3.	4.	5.
Baryterde	2,01	3,08	2,71	1,04	1,48
Kupferoxyd	23,73	32,35	34,65	40,02	40,65
Manganoxydul	64,24	56,29	54,72	51,69	52,55
Sauerstoff	8,83	8,58	6,51	nicht best.	5,78
	98,81	Ca 0,76	98,59		100,46.
		99,06.			

Diese Resultate stimmen nicht überein, wohl aber 2 und 3, so wie 4 und 5, mit denen auch Credner's Analyse harmonirt, welche 42,13 Cu gegen 51,06 Mn gegeben hat. Bei allen diesen war das Material möglichst rein ausgesucht.

Spuren von Vanadin habe ich gleichfalls immer gefunden, auch etwas Kalk, der indessen nur in 2 bestimmt wurde.

Es fragt sich nun zunächst, welche Oxydationsstufe des Mangans ist vorhanden?

Die in 2, 3 und 5 angegebenen Sauerstoffmengen sind diejenigen, welche durch Glühen des Minerals in Wasserstoffgas, nach Abzug der für das Kupferoxyd erforderlichen, sich ergeben. Nun ist der Sauerstoffgehalt des Manganoxyduls

in 1.	=14,41	$\frac{1}{2}$ =7,20
2.	=12,62	=6,31
3.	=12,27	=6,13
4.	=11,59	=5,79
5.	=11,78	=5,89.

Daraus scheint unzweifelhaft zu folgen, daß das Mangan als Oxyd, Mn, in dem Mineral enthalten ist. Nun ist der Sauerstoff des Kupferoxyds (und des Baryts)

und dieses zu dem des $\ddot{\text{Mn}}$

in 1.	=4,90	: 21,61	=1 : 4,33
2.	=7,06	: 18,93	=1 : 2,68
3.	=7,27	: 18,40	=1 : 2,53
4.	=8,18	: 17,38	=1 : 2,12
5.	=8,35	: 17,67	=1 : 2,11.

Das einfachste Verhältniß zeigen hiernach die beiden letzten Analysen, zu denen auch das reinste und frischeste Material angewandt worden war. Sie stimmen zugleich mit Credner's Analyse, denn diese giebt:

		Sauerstoff.
Mn $\ddot{\text{Mn}}$	54,88 = $\ddot{\text{Mn}}$ 56,79	17,18 = Mn 51,06
	Cu 42,13	} 8,73.
	Ba 0,52	

Ich halte demnach dafür, daß das Mineral eine Verbindung von 2 At. Manganoxyd und 3 At. Kupferoxyd (Baryt) sey, $\text{Cu}^3 \ddot{\text{Mn}}^2$, welche bestehen muß aus:

Kupferoxyd	42,85	
Manganoxyd	58,15 = Manganoxydul	51,39
	100.	Sauerstoff 5,76

Diese Verbindung scheint in den minder reinen Parthien mit Manganoxyd gemischt zu seyn.

Credner hat aus der 0,67 Proc. betragenden Gewichtszunahme beim Glühen den Schlufs gezogen, daß das Mineral eine gewisse Menge Manganoxydul enthalte, und ist so zu dem Ausdruck $(\text{Ca}, \text{Mn})^4 \ddot{\text{Mn}}$ gelangt. Indessen kann ich diesem Schlufs deshalb nicht beitreten, weil die von mir bestimmten Sauerstoffmengen selbst noch etwas mehr betragen, als zur Bildung von $\ddot{\text{Mn}}$ nöthig ist, wogegen sie nach jener Formel geringer seyn müßten. Wären z. B. in Analyse 5, welche mit Credner's ziemlich übereinstimmt, nach Analogie der letzteren 32,15 $\ddot{\text{Mn}}$ und 23,65 Mn enthalten, so hätte die Reduction in Wasserstoffgas nur 11,44 Verlust an Sauerstoff geben können, statt des-

sen sie 13,58 gegeben hat. Selbst dieß bleibt, wie aus dem früheren zu ersehen, noch um 0,1 unter der berechneten Zahl, weil, wie auch aus dem Verhalten der reducirten Masse zu Chlorwasserstoffsäure folgt, entweder nicht alles Kupfer oder nicht alles Manganoxyd reducirt wurde. Eine beim Glühen des Minerals stattfindende Gewichtszunahme habe ich nur einmal beobachtet, in allen anderen Fällen aber Unveränderlichkeit oder geringe Verluste.

Da dieß Mineral passend weder Mangankupfer noch Kupfermangan genannt werden kann, so schlage ich dafür den Namen *Crednerit* vor. Es ist ohne Zweifel das Material für die Bildung von secundären Erzeugnissen, von Kupfermanganerz und Psilomalan, in welchen das Kupfer mehr oder weniger ausgeschieden, dafür aber Sauerstoff und Wasser aufgenommen sind.

VIII. *Ueber die Anwendung des Salmiaks in der analytischen Chemie; von Heinrich Rose.*

Vor einiger Zeit suchte ich zu zeigen, daß das Chlorammonium ein vortreffliches Mittel sei, um manche Metalle, namentlich Arsenik, Antimon und Zinn aus ihren Verbindungen vollständig zu verflüchtigen, worauf man dann die Basen, namentlich die Alkalien, mit denen die Säuren jener Metalle verbunden waren, als Chlormetalle mit großer Genauigkeit ihrer Menge nach bestimmen kann. Ich machte zu gleicher Zeit darauf aufmerksam, daß sich die Anwendung des Salmiaks bei quantitativen analytischen Untersuchungen auf trockenem Wege nicht auf die Verbindungen der genannten Metalle beschränken würde. In der That kann das Chlorammonium auf mannigfaltige Weise bei quantitativen Untersuchungen von Verbindungen metallischer Säuren mit Basen benutzt werden, und auch selbst bei der Untersuchung von solchen Salzen, deren Metalle durch das

Chlorammonium nicht als flüchtige Chloride verjagt werden können.

Titansäure.

Zu diesen metallischen Säuren gehört namentlich die *Titansäure*. Mengt man diese Säure in einem sehr fein geriebenen Zustande mit einem Ueberschuß von Salmiak, so kann das Gemenge geglüht und das ammoniakalische Salz ganz verflüchtigt werden, ohne daß die Titansäure an Gewicht abnimmt.

Ist die Titansäure mit einem feuerbeständigen Alkali verbunden, und wird diese Verbindung, mit Chlorammonium gemengt, im Platintiegel geglüht, so verwandelt sich das Alkali in ein alkalisches Chlormetall, das mit der Titansäure gemengt zurückbleibt. Indem das Alkali Sauerstoff verloren und Chlor aufgenommen hat, ist das Gewicht des titansauren Salzes vermehrt worden; man wiederholt darauf die Behandlung mit Salmiak so lange, bis die Gewichtszunahme beständig bleibt.

Bekanntlich bildet die Titansäure mit den Alkalien nur saure, im Wasser unlösliche Salze, wenn man die Titansäure mit einem Ueberschusse des kohlensauren Alkalis bei starker Hitze schmelzt, und die geschmolzene Masse mit Wasser behandelt. Das Wasser löst nichts von der Titansäure auf; die ganze Menge derselben bleibt als ein unlösliches saures Salz zurück, das etwas schwierig ausgewaschen werden kann, da das Waschwasser eine Neigung hat, milchicht durchs Filtrum zu gehen. Man kann diesem leicht zuvorkommen, wenn man die Flüssigkeit, ehe man sie filtrirt, mit sehr vielem Wasser verdünnt; das titansaurer Salz läßt sich dann vollkommen auswaschen.

Die sauren Verbindungen der Titansäure mit dem Kali und Natron lösen sich, wenn beim Auswaschen nur kaltes Wasser angewendet worden ist, vollständig in der Kälte in Chlorwasserstoffsäure auf. Aber wenn die Salze auch nur längere Zeit einer Temperatur von 100° C ausgesetzt worden sind, so erfolgt die Auflösung schon nicht mehr

ganz vollständig. Glüht man sie, so sind sie in Chlorwasserstoffsäure nicht mehr löslich, aber diese Säure zieht aus dem geglühten Salze eine gewisse Menge Alkali aus, und verwandelt sie in noch saurere Verbindungen, wie ich dies vor sehr langer Zeit gezeigt habe ¹⁾.

Bei der Analyse dieser Verbindungen kann die Methode, sie durch Chlorammonium zu zerlegen, mit dem größten Vortheil angewandt werden. Es können dann alle drei Bestandtheile des Salzes, die Titansäure, das Alkali und das Wasser, in der kürzesten Zeit bestimmt werden, und zwar bei einer und derselben Quantität, was durch keine andere Art der Zerlegung möglich ist, da, wenn der Wassergehalt der Verbindungen durchs Glühen gefunden worden ist, dieselben, wie oben bemerkt wurde, nicht mehr in Chlorwasserstoffsäure auflöslich sind.

Die folgenden Analysen sind alle von Herrn Weber angestellt worden.

Saures titansaures Kali. — Dieses Salz bildet ein zartes Pulver, das einen Stich ins Bräunliche hat. Unter dem Mikroskop erscheint es vollkommen krystallinisch. 1,842 Grm. desselben, welche bei 100° C. getrocknet waren, verloren durchs Glühen 0,169 Grm. Wasser. Die 1,673 Grm. des trocknen Rückstandes wurden so oft mit Chlorammonium geglüht, bis die Gewichtsvermehrung bei mehreren Wägungen dieselbe blieb. Sie wogen 1,818 Grm.

Aus diesen Zahlen läßt sich die Zusammensetzung des Salzes vollständig berechnen. Denn die Gewichtsvermehrung rührt von der Aufnahme des Chlors her, mit welchem sich das Kalium verband, nachdem es seinen Sauerstoffgehalt verloren hat. Die Differenz der Atomgewichte des Sauerstoffs und des Chlors verhält sich also zum Atomen-gewicht des Chlors wie der Gewichtsüberschuß zu der Menge des Chlors in der mit Chlorammonium behandelten Masse, welche also aus 0,393 Grm. Chlorkalium und 1,425 Gramm Titansäure bestand. In den 1,842 Grm. des titansauren Kalis waren also enthalten:

1) Gilbert's Ann., Bd. 73. S. 78.

1,425	Titansäure.
0,248	Kali.
0,169	Wasser.
<u>1,842</u>	

Zur Controle wurde das Gemenge von Chlorkalium und Titansäure mit Wasser behandelt. Es wurden erhalten 1,414 Grm. Titansäure und 0,399 Grm. Chlorkalium. Die Auflösung von diesem Salze enthielt eine sehr kleine Menge von Titansäure, welche wohl im sehr fein zertheilten Zustand durchs Filtrum gegangen war, und nicht anders erhalten werden konnte, als dafs das zur Trocknifs abgedampfte Salz stark erhitzt und in Wasser aufgelöst wurde, wobei die Titansäure ungelöst zurückblieb.

Nach diesen beiden Analysen enthielt das Salz im Hundert

	I.	II.
Titansäure	77,36	76,76
Kali	13,46	13,68
Wasser	<u>9,18</u>	<u>9,18</u>
	100,00	99,62

Bei einer Wiederholung des Versuchs gaben 0,996 Grm. der bei 100° C. getrockneten Verbindung beim Glühen 0,087 Grm. Wasser. Die 0,909 Grm. des trocknen Salzes gaben mit Chlorammonium behandelt 0,994 Grm. eines Gemenges von Titansäure und Chlorkalium, das daher aus 0,765 Grm. Titansäure und 0,229 Grm. Chlorkalium bestand. Das trockne Salz war daher aus 0,765 Grm. Titansäure und 0,145 Grm. Kali zusammengesetzt. Bei der Behandlung des Gemenges mit Wasser wurden 0,749 Grm. Titansäure und 0,229 Grm. Chlorkalium erhalten. Hiernach besteht das titansaure Kali im Hundert aus:

	I.	II.
Titansäure	76,70	75,20
Kali	14,56	14,56
Wasser	<u>8,74</u>	<u>8,74</u>
	100,00	98,50

Um zu sehen, wie weit die Resultate dieser Versuche mit dem von einer nach einer alten bekannten Methode angestellten Analyse stimmen, wurde das titansaure Kali in Chlorwasserstoffsäure gelöst, aus der Lösung die Titansäure durch Ammoniak gefällt, und aus der filtrirten Flüssigkeit das Kali als Chlorkalium durch Abdampfen gewonnen. Da aber das bei 100° C. getrocknete Salz nicht vollständig klar sich in Chlorwasserstoffsäure löst, so mußte es lufttrocken dazu angewandt werden. 1,830 Grm. des lufttrocknen Salzes entsprechen 1,565 Grm. des bei 100° C. getrockneten; es entweichen also beim Trocknen 14,48 Proc. Wasser. Das Resultat der Analyse war

1,194 Grm. Titansäure	76,29
0,223 - Kali	14,26
0,148 - Wasser (aus d. Verlust)	9,45
<hr/> 1,565 Grm.	<hr/> 100,00

Das saure titansaure Kali enthält nach diesen Untersuchungen gegen ein Atom Kali 6 Atome Titansäure und 3 Atome Wasser. Die nach der Formel $K\ddot{T}i^6 + 3H$ berechnete Zusammensetzung ist im Hundert

Titansäure	76,46
Kali	14,96
Wasser	8,58
	<hr/> 100,00

Mit dieser berechneten Zusammensetzung stimmt grade das Resultat der Versuche am besten überein, in welchem die Zusammensetzung unmittelbar durch die Gewichtszunahme des geglühten Salzes nach dem Glühen mit Chlorammonium bestimmt wurde.

Bei allen Versuchen ist etwas weniger Kali erhalten worden, als nach der berechneten Zusammensetzung im Salze enthalten ist. Es ist möglich, daß bei der Bestimmung des Chlorkaliums etwas von diesem Salze durchs Erhitzen sich verflüchtigt haben kann.

Saures titansaures Natron. Dieses Salz bildet ein gröberes Pulver als das Kalisalz. Unter dem Mikroskop er-

scheint es nicht wie dieses krystallinisch, sondern aus mehrlasartigen Stücken bestehend. Es löst sich, wenn es nicht mit heißem Wasser behandelt oder erhitzt worden ist, vollständig wie das Kalisalz in Chlorwasserstoffsäure in der Kälte auf.

1,722 Grm. des bei 100° C. getrockneten Salzes hinterließen beim Glühen 1,562 Grm., welche mit Salmiak geglüht 1,754 Grm. eines Gemenges von Titansäure mit Chlornatrium lieferten, das mit Wasser behandelt in 1,314 Grm. Titansäure und 0,435 Grm. Chlornatrium zerlegt wurde.

Die Zusammensetzung des sauren titansauren Natron ist daher im Hundert

	I.	II.
Titansäure	78,05	76,30
Natron	12,66	13,41
Wasser	9,29	9,29
	<hr/> 100,00	<hr/> 99,00

Die Analyse I. ist unmittelbar aus der Gewichtszunahme des mit Salmiak geglühten Salzes, die Analyse II. aus den Resultaten berechnet, welche aus diesem geglühten Gemenge durch Behandlung mit Wasser erhalten wurden.

Ich habe schon vor längerer Zeit in der oben angeführten Abhandlung gezeigt, daß die Zusammensetzung des sauren titansauren Kalis nicht der des Natronsalzes entspricht. Es wird dies durch die so eben angeführten Analysen bestätigt. Das Natronsalz ist nämlich, wenn es bei 100° C. getrocknet worden ist, nach der Formel $\text{Na}^2\text{Ti}^2 + 5\text{H}$ zusammengesetzt. Die berechnete Zusammenstellung im Hundert ist

Titansäure	77,09
Natron	13,31
Wasser	9,60
	<hr/> 100,00.

Mit diesen Analysen stimmen ziemlich die überein, die schon vor 26 Jahren von mir nach einer ziemlich unvollkommenen Methode angestellt worden sind.

Ich muß hier noch bemerken, daß das Chlorammonium nicht, wie ich vermuthen konnte, zur Trennung der Titansäure von dem Zinnoxid angewandt werden kann. Wird ein Gemenge beider Oxyde mit Salmiak geglüht, so verflüchtigt sich gemeinschaftlich mit dem Zinnchloridammoniak auch Titanchlorid, was gewiß bemerkenswerth ist, da die reine Titansäure mit Chlorammonium geglüht, sich an Gewicht nicht verändert. — Ein Gemenge von 1,519 Grm. Titansäure und 0,225 Grm. Zinnoxid fuhren fort noch nach neun Glühungen abzunehmen. Das Gewicht der rückständigen Titansäure betrug nach der neunten Glühung nur 1,489 Grm. also nur 97,82 Proc. der ursprünglichen Menge.

Schwefelsaure Salze.

Schwefelsaures Kali. — 1,071 Grm. des Salzes gaben nach sechsmaligem Glühen mit Salmiak im Platintiegel 0,873 Grm. Rückstand, der aus Chlorkalium bestand. Das Gemenge schäumt und steigt beim Glühen. Die geglühte Masse nahm beim fortwährenden starken Glühen beständig um etwas ab, weil das Chlorkalium durch langes Glühen sich verflüchtigt. Das erhaltene Chlorkalium entspricht daher nicht ganz der angewandten Menge des schwefelsauren Kalis, denn 1,071 Grm. des schwefelsauren Salzes müßten 0,916 statt 0,873 Grm. Chlorkalium gegeben haben.

Wenn man hingegen die Zersetzung des schwefelsauren Kali's mit Salmiak im Porcellantiegel statt im Platintiegel stattfinden läßt, so erhält man genauere Resultate, weil dann gewöhnlich das entstandene Chlorkalium nicht so leicht zum Schmelzen gebracht werden kann. Es kann sich daher nichts von demselben verflüchtigen, und der nicht geschmolzene Rückstand kann leicht und inniger von Neuem mit Salmiak gemengt werden, wodurch die Zersetzung ungemein erleichtert wird. 1,657 Grm. gaben nach fünfmaligem Glühen im Porcellantiegel 1,425 Grm. Chlorkalium. Der Rechnung nach hätte man 1,417 Grm. erhalten müssen. — In jedem Falle ist die gänzliche Zersetzung eines schwefelsauren Salzes mit starker Base durch Salmiak interessant.

Schwefelsaure Baryterde wird ebenfalls durch Salmiak zerlegt; doch erfordert die gänzliche Zerlegung eine anhaltende Behandlung. Das schmelzende Chlorbaryum umhüllt die noch nicht zersetzte schwefelsaure Baryterde und schützt sie gegen fernere Zersetzung. Man muß das Geschmolzene pulvern, von neuem mit Salmiak mengen und glühen, wenn eine fernere Zerlegung stattfinden soll, was bei quantitativen Untersuchungen nicht füglich stattfinden kann. — Die Zerlegung scheint übrigens doch so langsam stattzufinden, daß man auf derselben nicht eine vortheilhafte Darstellung des Chlorbaryums gründen kann. Im Porcellantiegel ist übrigens die Zersetzung der schwefelsauren Baryterde durch Salmiak geringer als im Platintiegel.

Schwefelsaure Magnesia mit Salmiak geglüht, wird nicht zersetzt. Durch langes und anhaltendes Glühen mit dem ammoniakalischen Salze wird nur so viel vom schwefelsauren Salze zerlegt, als auch, ohne mit Chlorammonium gemengt zu sein, durch die Hitze zersetzt worden wäre.

Selensaure Salze.

Selensaure Baryterde, mit Salmiak geglüht, verwandelt sich in eine Mischung von viel selenichtsaurer Baryterde mit Chlorbaryum, welche von freiem Selen braun aussieht. Für sich allein geglüht nimmt der Rückstand, indem Selen entweicht, noch stark an Gewicht ab. Er löst sich nicht vollständig in Wasser auf, wohl aber in Chlorwasserstoffsäure, enthält daher keine selensaure Baryterde mehr.

Thonerde.

Wird reine geglühte *Thonerde*, fein zerrieben, mit Salmiak gemengt, und das Gemenge geglüht, so verflüchtigt sich zwar der größte Theil der Thonerde, doch hält es außerordentlich schwer, selbst kleine Mengen vollständig zu verjagen. 0,526 Grm. Thonerde hinterließen nach achtmaliger Behandlung mit Chlorammonium einen Rückstand von 0,053 Grm., der wegen seiner gröbern Beschaffenheit keinen recht merklichen Gewichtsverlust durch ferneres Glühen mit Salmiak

erlitt. Durch das lange Glühen bekommt die Thonerde endlich eine solche Dichtigkeit, daß sie der Zerlegung durch Salmiak widerstehen kann.

Wenn bei quantitativen Analysen aus einer chlorwasserstoffsäuren Auflösung die Thonerde durch kohlessaures Ammoniak oder durch Schwefelammonium gefällt worden ist, so muß, wie sich aus dem erwähnten Versuche ergibt, die Fällung gut vom Salmiak ausgewaschen werden, weil sonst beim Glühen Chloraluminium sich verflüchtigen und ein Verlust entstehen würde.

Der Platindeckel des Tiegels überzieht sich oft beim Glühen des Gemenges der Thonerde mit Salmiak mit einem Hauche von Thonerde, durch Oxydation des sich verflüchtigen Chloraluminiums entstanden. Durch Bestreuen mit Salmiak und Glühen verflüchtigt sich diese Thonerde vollständig.

Schwefelsaure Thonerde. — Mit Salmiak gemengt und geglüht, hinterläßt sie gar keinen Rückstand; doch muß, selbst bei Anwendung kleiner Mengen, die Behandlung mit Salmiak sehr oft wiederholt werden.

Alaun. — Dieser günstige Erfolg liefs vermuthen, daß durch Salmiak sehr leicht die Zusammensetzung des Alauns gefunden werden könnte. Es hat dieß gewissermaassen ein technisches Interesse, denn da der jetzt im Handel vorkommende Alaun aus Mengungen von Kali- und Ammoniakalaun besteht, so würde man nach der Behandlung mit Salmiak aus der Menge des gebildeten Chlorkaliums sehr leicht auf die Menge des Kalialauns in einer Alaunart schließen können.

Der günstige Erfolg scheiterte aber an der Bildung der sehr schwer flüchtigen Doppelverbindung von Chlorkalium und Chloraluminium. 2,448 Grm. des krystallisirten Kalialauns hinterließen nach viermaliger Behandlung mit Salmiak 0,620 Grm. Rückstand. Mit Wasser behandelt, hinterließ derselbe eine große Menge von Thonerde; die Auflösung enthielt aber keine Schwefelsäure. Es hätten aus 2,448 Grm. Alaun 0,384 Grm. Chlorkalium erhalten werden müssen.

Beryllerde.

Beryllerde verhält sich gegen Salmiak der Thonerde ähnlich. *Kohlensaure Beryllerde*, aus der Auflösung der Erde in kohlensaurem Ammoniak durchs Erhitzen erhalten, welche bekanntlich ein sehr lockeres Pulver bildet, verflüchtigt sich zwar, wenn sie mit Salmiak gemengt erhitzt wird, größtentheils aber durch das lange Glühen erhält die rückständige Beryllerde eine solche Beschaffenheit, daß sie immer hartnäckiger der Einwirkung des Salmiaks widersteht, und endlich ein kleiner Rückstand bleibt, der beim ferneren Glühen mit Salmiak nicht zu verflüchtigen ist.

Die durch Ammoniak gefällte Beryllerde wird bei der Behandlung noch schwerer verflüchtigt, als die kohlensaure Erde. Krystallisirte schwefelsaure Beryllerde, nach der Entwässerung mit Salmiak geglüht, verhielt sich ähnlich.

Eisenoxyd.

Wird Eisenoxyd, mit Salmiak gemengt, geglüht, so schmilzt die Masse und steigt sehr leicht aus dem Tiegel heraus. Es verflüchtigt sich viel Eisenoxyd als Chlorid in rothen Dämpfen, und innerhalb des Tiegels und auf den Deckel setzt sich Eisenoxyd von krystallinischer Beschaffenheit, durch Oxydation aus dem Chlorid entstanden, so fest an, daß es nur mit großer Mühe abzulösen ist. Der krystallisirte Eisenglanz, welcher sich in Vulkanen, namentlich im Krater des Vesuvs, findet, mag auf eine ähnliche Art durch Einwirkung von Salmiakdämpfen auf eisenhaltige Mineralien entstanden sein.

Manganoxyde.

Manganoxyd-Oxydul mit Salmiak geglüht, giebt einen geschmolzenen Rückstand von bräunlicher Farbe. Wird er beim Zutritt der Luft geglüht, so vermindert sich sein Gewicht; beim Ausschluss der Luft von Neuem, mit Salmiak gemengt, geglüht, nimmt er an Gewicht zu. Der Rückstand besteht aus Manganchlorür, das sich in Wasser mit Hinter-

lassung von Oxyd-Oxydul auflöst. Die Auflösung giebt mit Kalihydratlösung einen rein weissen Niederschlag.

Nickeloxyd.

0,187 Grm. reines Nickeloxyd, mit Salmiak geglüht, geben nach viermaliger Behandlung mit diesem Salze 0,145 Grm. metallisches Nickel, von stark magnetischer Beschaffenheit, das sich mit Wasserstoffgasentwicklung in Chlorwasserstoffsäure löste. — In der angewandten Menge des Oxyds sind 0,147 Grm. Nickel enthalten.

Arseniknickel (krystallisirte Nickelspeise) wird nur theilweise zersetzt, das Arsenik verflüchtigt sich langsam, und das Nickel wird in Chlornickel, nicht in metallisches Nickel verwandelt.

Kobaltoxyd.

Kobaltoxyd wird auf dieselbe Weise wie Nickeloxyd durch Salmiak zu metallischem Kobalt reducirt, das magnetisch ist, und sich unter Wasserstoffgasentwicklung in Chlorwasserstoffsäure löst.

Wismuthoxyd.

Auch Wismuthoxyd giebt, mit Salmiak geglüht, unter lebhafter Verpuffung, metallisches Wismuth.

Silberverbindungen.

Chlorsilber mit Chlorammonium gemengt und geglüht, verändert sich nicht; das Chlorsilber bleibt im geschmolzenen Zustand zurück.

Silberoxyd mit Salmiak geglüht, giebt sowohl metallisches Silber als auch Chlorsilber. Durch die erste Einwirkung der Hitze wird ein Theil des Oxyds zu metallischem Silber reducirt, das durchs Glühen mit Salmiak nicht verändert wird; der Theil des Oxyds, der durch die Hitze noch nicht reducirt ist, wenn das Chlorammonium zu wirken anfängt, verwandelt sich in Chlorsilber.

Antimonsilber, natürliches, grobkörniges, vom Wolfach,

$\text{Ag}^2 \text{Sb}$, gepulvert, mit Salmiak gemengt, wird nur unvollständig zersetzt. Durch oft erneute Behandlung würde metallisches Silber zurückbleiben; denn je öfter man es mit Salmiak behandelt, desto minder spröde wird der Rückstand. Es ist aber schwer dahin zu bringen, alles Antimon zu verflüchtigen. Als der zurückbleibende Regulus mit Salpetersäure behandelt wurde, hinterliefs es noch antimonichte Säure.

Bleiverbindungen.

Bleioxyd mit Chlorammonium geglüht, verwandelt sich in Chlorblei, das beim Zutritt der Luft und bei erneuertem Zusetzen von Salmiak sich gänzlich verflüchtigen kann.

Schwefelblei mit Salmiak geglüht, giebt einen geschmolzenen schwarzbraunen Rückstand, eine Verbindung von Chlor- und Schwefelblei, die beim Glühen, beim Zutritt der Luft starke Dämpfe von Chlorbei ausstößt, und sich endlich durch erneuertes Zusetzen von Chlorammonium gänzlich verflüchtigen kann.

Zinnoxyd.

Mit Salmiak geglüht, verflüchtigt sich das Zinnoxyd vollständig und ohne Rückstand. Sind aber die Mengen des angewandten Zinnoxys einigermassen bedeutend, so muß die Behandlung mit Salmiak öfter wiederholt werden.

Dafs zinnsaure Alkalien vortrefflich durch Glühen mit Salmiak ihrer Zusammensetzung nach erkannt werden können, ist von mir schon früher bemerkt worden ¹⁾.

Zinkoxyd.

Mit Salmiak erhitzt, giebt das Zinkoxyd geschmolzenes Chlorzink, das sich beim Ausschluss der Luft sehr schwer, aber beim Zutritt der Luft und in einer Atmosphäre von Salmiakdämpfen leicht gänzlich verflüchtigt. — Entwässertes schwefelsaures Zinkoxyd mit Chlorammonium geglüht, schäumt stark, und steigt leicht aus dem Tiegel. Der Rück-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 73, S. 584.

stand mehrere Male von Neuem mit Salmiak geglüht, verflüchtigt sich endlich gänzlich.

Chromoxyd und Chromsäure.

Chromoxyd mit Chlorammonium geglüht, erleidet keine Veränderung. Das Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurem Chromoxyd nach dem Entwässern mit Salmiak geglüht, giebt eine Mischung von Chromoxyd und Chlorkalium. — *Neutrales chromsaures Kali* mit Salmiak behandelt, hinterläßt ebenfalls eine Mischung von Chromoxyd und Chlorkalium. Man kann daher das chromsaure Alkali durchs Glühen mit Salmiak sehr gut seiner Zusammensetzung nach bestimmen; der geglühte Rückstand, mit Wasser behandelt, hinterläßt Chromoxyd ungelöst, während sich das alkalische Chlormetall in Wasser auflöst.

Uranverbindungen.

Salpetersaures Uranoxyd wird durchs Glühen mit Salmiak in Uranoxyd-Oxydul verwandelt.

Kieselsäure.

Künstlich bereitete Kieselsäure verliert durch die Behandlung mit Salmiak an Gewicht, wird dann aber durch das längere Glühen in einen solchen Zustand der Dichtigkeit versetzt, daß sie durch Chlorammonium nicht mehr angegriffen und zersetzt wird.

Kieselsaures Natron. — Das Salz wurde im krystallisirten Zustande mit Salmiak gemengt und geglüht. Durch die große Menge des Krystallisationswassers entstand aber ein so starkes Schäumen, daß keine quantitative Bestimmung stattfinden konnte.

Das Salz wurde daher im entwässerten Zustande, mit Salmiak gemengt, geglüht. Es wurde ein geschmolzener Rückstand erhalten, der sich im Wasser, mit Hinterlassung von Kieselsäure, auflöste. Aber durch die Behandlung mit Salmiak war nur der kleinste Theil des Salzes zersetzt worden; denn die Auflösung mit Chlorwasserstoffsäure übersät-

tigt und zur Trockniss abgedampft, gab den größten Theil der im Salze enthaltenen Kieselsäure.

Phosphorsaure Salze.

1,112 Grm. *phosphorsaures Natron* ($\text{Na}^+ \text{P}^{3-}$) mit Salmiak geglüht, gab einen geschmolzenen Rückstand, der 1,208 Grm. wog und dessen Gewicht durch mehrmalige Behandlung mit Salmiak endlich bis auf 1,172 Grm. sich verminderte, worauf mit dem Glühen aufgehört wurde.

Dieser Rückstand wurde mit kohlensaurem Natron geschmolzen, die erhaltene Masse in Wasser aufgelöst, und die Auflösung mit salpetersaurer Silberoxydauflösung versetzt, gab 0,457 Grm. Chlorsilber (= 9,63 Proc. Chlor).

Nachdem aus der Auflösung durch Chlorwasserstoffsäure das Silberoxyd entfernt worden war, wurde die Phosphorsäure als phosphorsaure Ammoniak-Magnesia gefällt. Es wurden 0,911 Grm. geglühte phosphorsaure Magnesia (= 49,23 Proc. Phosphorsäure) erhalten. Im phosphorsauren Natron sind 53,32 Proc. Phosphorsäure enthalten.

Beim Glühen des phosphorsauren Natrons mit Salmiak findet eine theilweise Zersetzung des Salzes statt; es bildet sich Chlornatrium, und Phosphorsäure wird als Chlorid ausgetrieben. Glüht man länger, wenn der Salmiak sich verflüchtigt hat, so wird durch die Phosphorsäure und durch den Einfluss der atmosphärischen Luft und der Feuchtigkeit derselben Chlor als Chlorwasserstoff verjagt, woher ein abwechselndes Zu- und Abnehmen am Gewicht stattfindet. Etwas Aehnliches hatte ich schon vor sehr langer Zeit beim Glühen eines Gemenges von Chlorbaryum und Phosphorsäure bemerkt ¹⁾. Es bilden sich in diesen Fällen Verbindungen ähnlicher Art, wie sie in der Natur als Apatit und Grünbleierz vorkommen.

Phosphorsaure Kalkerde wird durchs Glühen mit Salmiak nicht zersetzt; das Gewicht derselben bleibt unverändert.

1) Poggendorff's Annal. Bd. 18. S. 211.

Antimonverbindungen.

Ich habe schon früher bemerkt, dafs durch Behandlung mit Salmiak der Natrongehalt im antimonsauren Natron mit Genauigkeit bestimmt werden kann ¹⁾.

Ganz vortrefflich kann durch die Behandlung mit Chlorammonium das Schwefelsalz aus Schwefelnatrium und Antimonsulfid, das allgemein unter dem Namen des Schlippe'schen Salzes bekannt ist, seiner Zusammensetzung nach bestimmt werden. Dasselbe enthält nach Rammelsberg 18, nach Schlippe aber 20 Atome Wasser.

Bis 100° C. getrocknet, verlieren 1,500 Grm. 0,477 Grm. Wasser oder 31,80 Proc. Durch einmalige Behandlung mit Chlorammonium wurde ein Rückstand von 0,541 Grm. erhalten, der sich durch nochmaliges Glühen mit Salmiak an Gewicht nicht mehr veränderte. Es bestand aus reinem Chlornatrium, und enthielt weder Spuren von Schwefelsäure noch von Antimon. Das Chlornatrium entspricht 14,26 Proc. Natrium im Salze.

2,933 Grm. des krystallisirten Salzes gaben bei einem zweiten Versuche, nach dem Glühen mit Salmiak, 1,069 Grm. Chlornatrium, 14,45 Proc. Natrium im Salze entsprechend. Enthält das Salz 18 Atome Wasser, so müssen der Berechnung nach 14,21 Proc. Natrium darin enthalten sein. Nimmt man aber 20 Atome Wasser darin an, so enthält das Salz nur 13,71 Proc. Natrium. Man sieht, dafs die Resultate der beiden erwähnten Versuche die Angabe von Rammelsberg bestätigen.

Von den 18 Atomen Wasser wurden beim Trocknen bei 100° C. 17 Atome oder 31,86 Proc. verflüchtigt. Der oben angeführte Versuch gab 31,80 Proc. Wasser.

Das Schlippe'sche Salz verliert beim Schmelzen seinen ganzen Wassergehalt. Auch durchs Glühen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas wird es nicht anders verändert, als dafs es seinen Wassergehalt verliert. Der Verlust ist zwar um ein wenig gröfser, weil mit dem Wasser eine

1) Poggendorff's Annal. Bd. 73. S. 584.

höchst geringe Menge von Schwefel und Schwefelwasserstoff sich entwickelt. 3,347 Grm. gaben, in Wasserstoffgas erhitzt, einen Rückstand von 2,1915 Grm. Der Gewichtsverlust war also 1,1555 Grm. oder 34,52 Proc.; der Berechnung nach sollte er nur 33,09 Proc. betragen. In jedem Falle ist es bemerkenswerth, daß das Salz durchs Glühen in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas nicht zersetzt wird, und Schwefel verliert. Antimonsaures Natron wird zum Theil durch Wasserstoffgas zu Antimon reducirt.

Auch durchs Glühen in einer Atmosphäre von Kohlensäuregas wird das Schlippe'sche Salz wesentlich auf keine andere Weise verändert, als daß es wasserfrei wird. Es werden dabei durch die Kohlensäure nur unbedeutende Spuren von Schwefelwasserstoffgas erzeugt. 2,9575 Grm. des Salzes gaben nach dem Schmelzen in Kohlensäuregas einen Rückstand von 1,965 Grm., also einen Verlust von 33,55 Proc.; was ziemlich genau den Wassergehalt des Salzes ausdrückt.

Genauer fast als durchs Glühen in Wasserstoffgas und in Kohlensäuregas kann der Wassergehalt im Schlippe'schen Salze durch vorsichtiges Schmelzen im Porcellantiegel mit aufgelegtem Deckel erhalten werden. 2,299 Grm. verloren auf diese Weise durchs Schmelzen 0,763 Grm., oder 33,19 Proc. Wasser. In einem andern Versuche war der Verlust beim Schmelzen von 1,660 Grm. 0,544 Grm. oder 32,77 Proc., was ziemlich genau mit dem Wassergehalte des Salzes übereinstimmt.

Der Rückstand nach dem Schmelzen sieht immer, auch wenn dasselbe in Wasserstoffgas geschieht, röthlichgrau oder schwarz aus. Das geschmolzene Salz löst sich bis auf eine sehr geringe Menge eines rothbraunen Pulvers vollständig in Wasser auf.

Läßt man das geschmolzene Salz an der Luft stehen, so zerfällt es, wie dies auch schon früher bemerkt worden ist, zu einem voluminösen Pulver. Unter dem Mikroskop erscheint dies krystallinisch, aber die Krystalle sind nicht reguläre Tetraëder, in welchem das Schlippe'sche Salz

krystallisirt. 2,299 Grm. des Salzes, welche durchs Schmelzen einen Rückstand von 1,536 Grm. hinterlassen hatten, hatten durchs Liegen an der Luft nach vier Tagen 0,644 Grm., oder 28,01 Proc. zugenommen, welche Gewichtszunahme nach mehreren Wochen sich nicht mehr vergrößerte. Das geschmolzene Salz hatte also nur $\frac{5}{6}$ von dem Wassergehalte aus der Luft aufgenommen, den es durchs Schmelzen verloren hatte; also nur 15 Atome, mit welchen es ein ebenfalls krystallinisches Salz bildet.

Arseniksaure Salze.

Es ist schon früher bemerkt worden, mit welcher Genauigkeit, und wie schnell die Arseniksäure von den Alkalien, namentlich vom Natron durch Salmiak getrennt werden kann ¹⁾. Auch die *arseniksaure Kalkerde* wird durch Chlorammonium zerlegt, obgleich schwerer als das arseniksaure Natron. 0,342 Grm. gaben nach fünfmaligem Glühen mit Salmiak einen Rückstand von 0,266 Grm. Chlorcalcium, das frei von jeder Spur von Arsenik war. Die Menge des erhaltenen Chlorcalciums ist aber etwas größer, als die, welche sich nach der Berechnung ergibt, denn 0,342 Grm. des arseniksauren Salzes entsprechen nur 0,221 Grm. Chlorcalcium. Der Grund dieses Mangels an Uebereinstimmung liegt aber in der nicht völligen Reinheit der angewandten arseniksauren Kalkerde, welche etwas kohlensaure Kalkerde enthielt.

Dahingegen läßt sich die *arseniksaure Magnesia* nicht durch Salmiak zersetzen, auch nicht wenn zuletzt etwas kohlensaures Ammoniak hinzugefügt wird. Ich glaubte dadurch endlich reine Magnesia zu erhalten, aber wie oft auch die Operation wiederholt wurde, es blieb die arseniksaure Magnesia ziemlich unverändert zurück.

Es läßt sich aber die *arseniksaure Magnesia* durchs Glühen mit schwefelsaurem Ammoniak wie es scheint vollständig zersetzen, so daß im geglühten Rückstand kein Arse-

1) Poggendorff's Annal. Bd. 73, S. 584.

nik enthalten ist. Bei quantitativen Bestimmungen ist aber das schwefelsaure Ammoniak nicht anzuwenden. Die Mengung mit dem Salze schmilzt beim Erhitzen, und schäumt so stark, daß ein Uebersteigen der Masse aus dem Tiegel nicht zu vermeiden ist.

Borsaure Salze.

Wird Borax mit Salmiak gemengt geglüht, so entweicht letzterer unverändert. Schüttet man auf den Rückstand wiederum Salmiak, so entweicht derselbe früher, ehe der Borax zu schmelzen anfängt.

Fluormetalle.

Fluornatrium mit Salmiak geglüht, wird, wie dies schon Berzelius gezeigt hat, zersetzt. 0,870 Grm. des Salzes, so lange mit Salmiak geglüht, bis das Gewicht des Rückstandes constant blieb, wogen 1,198 Grm. Dieser Rückstand mit Schwefelsäure zersetzt, brachte aber noch eine bedeutende Aetzung auf Glas hervor. Unstreitig schützt die Decke des schmelzenden Chlornatriums das noch unzersetzte Fluornatrium gegen die fernere Zersetzung durch Salmiak. — 0,870 Grm. Fluornatrium entsprechen 1,214 Grm. Chlornatrium.

Schwerer noch als Fluornatrium wird *Fluorcalcium* zersetzt. Durchs Glühen mit Chlorammonium nimmt zwar die Masse beständig ab, aber die Zersetzung ist eine sehr unvollständige, und sie geht um so langsamer von statten, je mehr Fluorcalcium sich gebildet hat, die Masse daher schmilzt, und sich dann nicht gut mehr mit neuem Salmiak mengen läßt.

Brommetalle.

Bromnatrium mit Salmiak geglüht wird zersetzt, aber nicht vollständig. Nach neunmaligem Glühen mit Salmiak gaben 0,810 Grm. des Salzes, welche 0,460 Grm. Chlornatrium entsprechen, einen Rückstand von 0,500 Grm., dessen Auflösung in Wasser, mit Aether und Chlorwasser geprüft, starke Reactionen von Brom zeigte.

Jodmetalle.

1,029 Grm. *Jodkalium* gaben nach eifmaligem Glühen mit Salmiak einen Rückstand von 0,438 Grm., der meistens aus Chlorkalium bestand. Die Auflösung gab aber mit Chorwasser und Stärkmehl, oder auch selbst nur mit Salpetersäure versetzt, noch starke Reactionen auf Jod. — 1,029 Grm. Jodkalium entsprechen 0,462 Grm. Chlorkalium.

Es ist bemerkenswerth, nicht nur, daß das Chlorammonium die Brom- und Jodmetalle nicht vollständig zersetzen kann, sondern auch, daß es sich eben so wie gegen diese auch gegen die Fluormetalle verhält, deren theilweise Zersetzbarkeit durch Salmiak eigentlich nicht vorauszusehen ist.

Salpetersaure Salze.

Salpetersaures Kali wird leicht und vollständig durchs Glühen mit Salmiak zersetzt. 1,371. Grm., welche 1,011 Grm. Chlorkalium entsprechen, gaben, nach dreimaliger Behandlung mit Chlorammonium, 1,008 Grm. Chlorkalium, welche vollkommen rein von jeder Spur von Salpetersäure waren.

IX. Die elektrische Flammenwirkung.

Hr. von Rees hat (im 3. Hefte dieses Bandes, S. 379) den Streit über die Flammenwirkung zu schlichten gesucht, indem er ein Versehen von seiner Seite zugiebt, das eine leichte Modification dessen, was er seine Theorie nennt, nöthig mache. In der That aber fällt mit dem Eingeständnisse dieses Versehens Alles, was der Verfasser über Flammenwirkung und verwandte Gegenstände Neues vorgebracht hat. — Der Verfasser hat in seinem ersten Aufsätze (*het institut* 1846) das mangelnde Leitungsvermögen der Gassäule über der Flamme in den Vordergrund gestellt, was

schon daraus hervorgeht, daß er die Versuche über dasselbe mit zwei Figuren zu begleiten für nöthig hielt. Neu war in dem Aufsätze die Folgerung, daß die Gassäulen der gewöhnlichen Flammen nicht leiten und daß die Flamme unmittelbar die elektrische Wirkung hervorbringe. In einem zweiten Aufsätze (diese Annal., Bd. 73, S. 41) werden aus weitläufig beschriebenen Versuchen einige neue Sätze über die Influenz und Spitzenwirkung abgeleitet. Ich habe gezeigt, daß die Versuche des ersten Aufsatzes nicht zu der gemachten Folgerung berechtigen und die Sätze des zweiten den Grundsätzen der Elektrizität widersprechen. Da Hr. v. Rees es für gut befunden hat, mir für die erste Bemerkung Dank zu sagen, so hätte er, beiläufig bemerkt, dasselbe in Betreff der zweiten zu thun, nicht unterlassen sollen. — In der neuesten Notiz gesteht der Verfasser das Leitungsvermögen der Gassäule über der Flamme zu und behauptet bei seiner frühern Erklärung zu beharren — aber er behauptet es, ohne es zu thun. Denn wenn Derselbe bei einer, von einer leitenden Röhre umgebenen Flamme die elektrische Wirkung ausschließlich von der Gassäule herleitet (a. O. S. 380), so muß dasselbe von jeder frei brennenden Flamme gelten, da dieselbe, nach dem Geständnisse des Verfassers, von einer leitenden Gassäule umgeben ist. Die „unbezweifelte Beweglichkeit der Flammentheilchen“ hat also für die Wirkung der Flamme keine Bedeutung. Daß die Beweglichkeit der leitenden Gassäule zur betrachteten Erscheinung mitwirke, ist seit 1747 (*du Tour*) bis heut nicht in Frage gestellt gewesen, sondern nur, ob dieselbe zur Hervorbringung der Erscheinung wesentlich nothwendig sey. Dies habe ich zuerst verneint, indem ich neben der elektrischen Mittheilung auch die Influenz zur Erklärung der Flammenwirkung benutzte. In diesem Erklärungsprinzip liegt der Nerv des Streites und nicht in der Existenz der Dampfspitzen, die dem Hrn. v. Rees so viel zu schaffen macht. Ich habe Dampfspitzen angenommen, weil in der Vorstellung derselben die, nach meiner Erklärungsart oft sehr complicirten, Ableitungen der einzelnen Wirkungen

der Flamme sich zusammenfassen liefsen. Man pflegt in der Physik gegen Hypothesen, die einen ähnlichen Zweck haben und erfüllen, nicht allzustreng zu seyn, und sie beizubehalten, bis ein schlagender Einwand gegen sie erhoben wird. Als ein solcher dürfte aber der einzige stehengebliebene Einwand des Hrn. v. Rees, dafs man die Spitzen nicht sehen könne, schwerlich zu bezeichnen seyn.

Berlin, den 3. August 1848.

P. Riefs.

X. *Ueber die Aufeinanderfolge der Farben in den Newton'schen Ringen; von Ernst Brücke.*

(Gelesen in der physikal. Gesellschaft zu Berlin, am 7. Juli 1848.)

Wenn man eine Tafel krystallisirten Gyps mit einem sehr scharfen Messer so anschneidet, dafs die möglichst glatte Schnittfläche die Tafel unter einem Kantenwinkel von etwa zehn und einigen Graden zuschärft, und dieselbe dann zwischen zwei Glasplatten in eine Schicht von Canada-Balsam lagert, so zeigt der zugeschärfte Rand, bei zwanzigmaliger Vergröfserung zwischen zwei Nicol'schen Prismen betrachtet, ein System von Streifen, das den Newton'schen Ringen, wie leicht einsichtlich, in der Weise analog ist, dafs es bei gekreuzten Prismen den Ringen im auffallenden Licht, bei parallelen Prismen denen im durchfallenden entspricht.

Ueber die Art, wie die Farben der verschiedenen Ringe aus den Spectralfarben zusammengesetzt sind, kann man sich bekanntlich eine leichte Uebersicht verschaffen, indem man sich ein vollständiges Spectrum vom äufsersten Roth bis zum äufsersten Lavendelgrau so auf Papier darstellt, dafs die Farben in horizontaler Richtung neben einander liegen, und dann das ganze Spectrum in verticaler Richtung in helle und dunkle Abtheilungen bringt, und zwar in der Weise, dafs die Abtheilungen in den einzelnen Farben den Wel-

lenlängen proportional sind. Fängt man diese Abtheilungen von einer horizontal durch das Spectrum gezogenen geraden Linie nach abwärts mit einer halben dunkeln Phase an, so geben die mit dieser Horizontalen parallelen Querschnitte des Spectrums in ihrer Aufeinanderfolge die Farbenfolge des Newton'schen Ringsystems in der Weise an, daß diejenigen Farben, welche von dem Querschnitte in einer hellen Phase betroffen werden, in die Farbe des reflectirten, diejenigen, welche in einer dunkeln Phase betroffen werden, in die des durchgehenden Lichtes eingehen. Fängt man die Abtheilungen mit einer halben hellen Phase an, so findet natürlich das Umgekehrte statt.

Wenn man sich nun auf diese Weise die Componenten der Farben übersichtlich zusammenstellen kann, so bleibt es doch der Beobachtung überlassen, die Farben selbst in ihren einzelnen Uebergängen genau kennen zu lernen, und hierzu bieten die bekannten Ring- und Streifensysteme, seyen sie durch ein Newton'sches Farbenglas oder durch eine schräg angeschnittene Gypstafel hervorgebracht, nicht die passende Gelegenheit, weil namentlich in den ersten Ringen die einzelnen Farben auf einen zu kleinen Raum beschränkt sind, um sie mit Sicherheit zu erkennen. Da die Farbenfolge der Newton'schen Ringe für die ganze Chromatik von so hohem Interesse ist, so habe ich sie einer erneuten Untersuchung unterworfen, indem ich von einem Gypskrystalle solche keilförmige Stücke abzuspalten suchte, die an einem Rand möglichst dünn sind und von da an in möglichst breiten und möglichst niedrigen Terrassen an Dicke zunehmen. Durch Untersuchung einer großen Menge solcher Stücke unter dem Polarisationsmikroskop bei verschiedenen Vergrößerungen, habe ich mir eine Uebersicht über die Farbenfolge erworben, welche mir manche der früheren Angaben als ungenau erscheinen läßt. Wir wollen zunächst die Farben des Newton'schen Ringsystems im reflectirten Lichte betrachten, und zugleich ihre Complementary, also die Farben der Ringe im durchfallenden Lichte, berücksichtigen.

Den ersten Ring am schwarzen Centrum beschreibt Newton als blau. Er sagt aber selbst (*Opt. II. Pars I. Obs. IV.*): »*Coloris caerulei adeo pusillum erat quod aspectu perciperetur, ut eum in circulis, quos prismata exhibuerunt, discernere omnino non potuerim; neque vero in eo violacei quidquam distincte cernere potui.*« In der That ist diese Farbe nicht Blau, sondern Lavendelgrau. Die lavendelgrauen Strahlen, als die brechbarsten, tauchen zuerst aus dem Dunkel auf und die übrigen mischen sich ihnen in solchen Verhältnissen bei, daß durch ein Uebergewicht der blauen und violetten Strahlen über die weniger brechbaren, ihre eigenthümliche Tinte erhalten wird und sich nur durch die wachsende Helligkeit immer mehr dem Weiß zu nähern scheint. Das Complement dieses Lavendelgrau ist, wie ich unlängst in diesem Bande d. Annal. S. 461, gezeigt habe, ein schönes und reines Brauu, welches in dem Maasse gesättigter und dunkler wird als das Lavendelgrau an Helligkeit zunimmt. Newton nennt diese Farbe: »*rubeus flavescens*«, was nur daran liegen kann, daß sein Farbenglas sie ihm nicht deutlich zeigte.

Als zweite Farbe vom Centrum aus giebt Newton Weiß an; reines Weiß aber ist hier nicht zu finden, sondern wenn das Lavendelgrau eine gewisse Helligkeit erlangt hat, so nimmt es einen leichten Stich ins Grüne an (indem das Grün in das Maximum seiner Intensität gelangt, während das Roth wegen seiner größeren Wellenlänge noch zurück ist), und geht gleich darauf in ein sehr blasses Strohgelb über. Diese Phase ist die hellste im ersten Ringsystem und als Complement zeigt sich ein dunkles Rothbraun, welches in eine andere Farbe übergeht, die man sich aus dem tiefsten Violett mit etwas Grau gemischt vorstellen muß und die ich mich nur an gewissen Dahlien gesehen zu haben erinnere. Wirkliches Schwarz kommt nirgend zu Stande. Aus dem oben erwähnten blassen Gelb wird sehr bald ein entschiedenes Braungelb, welches durch tief Orange in tiefes Roth übergeht, und hiermit ist das erste Ringsystem nach Newton's Abtheilung geschlossen. Als Complementary zu den

letztenannten Farben treten auf: ein dunkles nicht ganz reines Violet, Graublau, helleres Graublau und endlich ein sehr blasses und unreines Grün.

Das zweite Newton'sche Ringsystem beginnt mit dem Eintreten der lavendelgrauen und violetten Strahlen in ihre zweite helle Phase. Es entwickeln sich nach einander Purpur, Violet, Indigo, Himmelblau und Hellgrün, bei dessen Uebergang zum Gelb die Lichtstärke am größten ist. Das Gelb ist wesentlich von dem des ersten Systems unterschieden; es nähert sich dem reinen Gelb des Spectrums und geht durch Hellorange in ein helles und mittleres Roth über. Die Farben des durchfallenden Lichtes in diesem System sind: Hellgelbgrün, Hellgelb, Goldgelb, Orange, Roth, tief Purpur, Violet und dann, mit wieder wachsender Helligkeit, Blau und Grün.

Das dritte Ringsystem fängt wie das zweite mit Purpur an, dann folgen Violet, Indigo und Blau, welche Farben jedoch nicht ganz rein sind, dann Meergrün und gleich darauf ein so brillantes Grün, wie keins der früheren Ringsysteme aufzuweisen hat. Dieses Grün geht durch ein blasses Gelbgrün in ein falbes Gelb und demnächst in sogenannte Fleischfarbe und in Roth über. Die Complementfarben in diesem System sind: Hellgelbgrün, welches durch unreines Gelb in Fleischfarbe (als Complement des Meergrün) und demnächst in Roth übergeht: darauf Purpur, Graublau, Meergrün und brillantes Grün.

Den Uebergang vom dritten zum vierten Ringsystem bezeichnet Newton, indem er das dritte System schließt mit: *«ruber subcoeruleus»* und das vierte anfängt mit: *«viridis subcoeruleus»* und ich glaube, daß diese Bezeichnungen so richtig sind, als es die Armuth der Sprache für Farben zuläßt. Man muß aber wohl bemerken, daß weder das *«ruber subcoeruleus»* der Purpur, noch das *«viridis subcoeruleus»* das Meergrün des vorigen Systems ist. Beide Farben sind matt und verwaschen, gleichsam als ob sie mit einem Schleier überdeckt wären. Hierauf folgt ein lebhaftes Grün, das, nach Newton, durch Gelbgrau in Roth

übergeht. Ich kann hiermit aber nicht übereinstimmen. Ich finde nur, daß das Grün etwas heller wird und dann durch Graugrün in Grauroth und noch ziemlich lebhaftes Fleischroth übergeht. Es ist an und für sich schwer den Ton dieses Ueberganges zu unterscheiden; man belehrt sich aber über denselben wenn man das Complement untersucht. Man findet dann, daß das complementäre Roth nicht durch Purpur sondern durch einen schmutzig rothen Ton in das complementäre Grün übergeht.

Das fünfte System wird gebildet, indem das Roth ins Falbe zieht, in ein mattes Blaugrün und demnächst wieder durch einen ähnlichen falben Ton ins matt Fleischrothe übergeht. Die Complementary sind mattes Fleischroth und mattes Blaugrau.

Das sechste System wird gebildet, indem das Fleischroth durch Röthlichgrau wieder in blafs Blaugrün und demnächst wieder in sehr mattes Fleischroth übergeht.

Von hier an kann man den Ton der Uebergänge nicht mehr unterscheiden, sondern es zeigen sich nur noch die Hauptfarben des siebenten und achten Systems als sehr mattes Fleischroth und Blaugrün.

Königsberg, den 3. Juli 1848.

XI. *Ueber die Färbung des Wismuths auf galvanischem Wege; von J. C. Poggendorff.*

(Aus d. Monatsbericht d. Academie. Klassensitzung v. 3. Juli d. J.)

Bekanntlich nimmt das Wismuth, wenn es nach dem von Quesneville angegebenen Verfahren durch Schmelzen mit Salpeter gereinigt wird, die prächtigsten, theils goldgelben, theils grünen und röthlichen Farben an, und eben so ist bekannt, daß es, mit Wasser befeuchtet der Luft ausgesetzt, in einiger Zeit braunroth und zuletzt veilchenblau anläuft. Es scheint indess noch nicht beobachtet zu seyn, daß man

gleiche oder ähnliche Farben auf Wismuthflächen von beliebiger Gröfse ganz nach Willkühr und in verhältnißmäfsig sehr kurzer Zeit hervorrufen kann, wenn man solche Flächen in Kalilauge als positive Elektroden eines galvanischen Stromes anwendet.

Der Verfasser, der bei Gelegenheit anderer Untersuchungen auf diese Thatsache geleitet wurde, bediente sich hierbei in der Regel einer Batterie von zwei Grove'schen Bechern und einer Lösung von 1 Thl. Aetzkali in 4 oder 6 Thl. Wasser, in welcher der positiven Wismuth-Elektrode eine Platinplatte als negative Elektrode gegenüberstand. Bei einer solchen Combination überzieht sich die Wismuthplatte in wenig Augenblicken und in voller Gleichförmigkeit mit einer Reihe von Farben, deren successives Auftreten im Allgemeinen ganz dem Gesetz der Newton'schen Farbenringe folgt, indem der Reihe nach Gelb, Roth, Violett, Blau und Grün hintereinander erscheinen. Durch schickliches Unterbrechen des Stromes kann man jede dieser Farben festhalten: jedoch tritt ihre wahre Natur erst dann hervor, wenn man die Wismuthplatte zur Flüssigkeit herauszieht, mit der Spritzflasche wohl abspült und an der Luft trocknen läfst.

Die so erhaltenen Farben zeigen, wenn die Platte gut geschliffen und polirt worden, auch frei von Arsenikgehalte ist, einen Glanz und eine Lebhaftigkeit, welche die der Nobili'schen und Böttger'schen Farben wohl noch übertreffen möchten, vermuthlich weil das Substrat derselben durchsichtigerer und farbloserer Natur ist, als das Blei- und das Manganhyperoxyd, welche das Material zu den letztgenannten Farben bilden. ¹⁾ Unterhält man den Strom, nachdem das Grün erschienen ist, noch einige Zeit, so wird die Wismuthplatte wiederum farblos, und nun kommen Farben zweiter Ordnung zum Vorschein, die aber lange nicht so rein und glänzend wie die der ersten sind. Die Wismuthfarben bilden hiedurch eine Art von Gegensatz zu den Blei- und Manganfarben, die gerade erst in der zweiten Ordnung

1) Siehe R. Böttger, Ann. Bd. 50. S. 45.

ihre größte Lebhaftigkeit entwickeln. Es wäre indessen möglich, daß sich auch die Wismuthfarben zweiter Ordnung in höherer Lebhaftigkeit darstellen ließen, wenn man eine Batterie von größerer Becherzahl anwendete. Bei der oben genannten Batterie von zwei Bechern wird der Strom durch die geringe Leitungsfähigkeit der auf das Wismuth abgelagerten Substanz so geschwächt, daß die Darstellung jener zweiten Farbenreihe einige Stunden Zeit erfordert.

Uebrigens kann das successive Auftreten zweier Farbenreihen, getrennt durch eine Schicht von vollkommener Farblosigkeit, wohl keinen Zweifel hinterlassen, daß die Wismuthfarben nur der Dicke der sie bildenden Schichten ihre Entstehung verdanken, während es noch ungewiß seyn mag, aus welchem Material diese Schichten bestehen, ob aus einem Oxyde oder einer Kaliverbindung desselben. Letzteres möchte jedoch das Wahrscheinlichere seyn, da die Farben, schon bei Eintauchung der Platten in sehr verdünnte Schwefelsäure, fast augenblicklich verschwinden, und andererseits bei Anwendung von Ammoniakflüssigkeit, statt der Kalilauge, gar nicht zum Vorschein kommen.

Die auf obige Weise gefärbten Wismuthplatten, von denen der Verf. einige vorzeigte, erweisen sich bei Untersuchung im polarisirten Licht mit recht bemerkenswerthen optischen Eigenschaften versehen, deren Studium indeß einer künftigen Arbeit vorbehalten bleiben mag, da es mit der noch wenig entwickelten Theorie der auf Metallplatten überhaupt erzeugten Interferenzfarben im engsten Zusammenhange steht. Für jetzt erlaubt sich der Verf. nur die Bemerkung, daß unter den Farben erster Ordnung, die auf Wismuthplatten und, nach dem Nobili'schen oder Böttger'schen Verfahren, auf Platinplatten erzeugt werden können, ganz dasselbe *Braun* auftritt, welches man auch an dem ersten Newton'schen Farbenringe und an dem innersten der bei Krystallplatten im polarisirten Licht erscheinenden Ringe wahrnimmt, ohne daß es bisjetzt von den Physikern näher in Betracht gezogen wäre.

XII. *Das Wheatstone'sche Chronoskop, verbessert vom Uhrmacher Hipp in Reutlingen.*

Das Wheatstone'sche Chronoskop ist ein Instrument zum Messen sehr kleiner Zeittheilchen. ¹⁾ Während auf gewöhnlichen Chronometern höchstens $\frac{1}{4}$ Sekunden abgelesen werden können, so zeigt dagegen dieses Chronoskop $\frac{1}{1000}$ Sekunden an. Man versprach sich davon die glänzendsten Resultate, und hoffte, es zur unmittelbaren Messung der Fallzeit eines Körpers und somit zur direkten Nachweisung der Newton'schen Gesetze brauchen zu können. Das Instrument hat die Einrichtung, dafs es still steht, wenn eine mit demselben in Verbindung gebrachte elektrische Kette geschlossen ist. Wird der elektrische Strom unterbrochen, so fängt es an sich zu bewegen und hört augenblicklich wieder auf, sobald die Kette wiederum geschlossen ist. Dieses Oeffnen und Schliefsen der Kette wird durch eine kleine metallene Kugel bewerkstelligt, welche vor ihrem Fall ein Glied der Kette bildet, während ihres Falls den Strom unterbrochen hält und durch ihr Auffallen denselben wiederum schlieft. Es ist somit die Maschine während des Falls des Körpers in Bewegung und zeigt auf einem Zifferblatte an, wie viel $\frac{1}{1000}$ Sek. der Körper zu seinem Falle gebraucht hat. — Allein trotz vieler pünktlicher Versuche, welche angestellt wurden, konnten nur widersprechende Resultate erzielt werden, und von einer Nachweisung der Newton'schen Gesetze war keine Rede. Bei genauer Prüfung stellte sich nun der Hauptmangel des Instrumentes heraus. Die Bewegung desselben war nämlich anfangs eine beschleunigte und wurde erst nach Verlauf einer halben Sekunde eine gleichförmige, woraus sich die völlige Unbrauchbarkeit desselben ergab.

Herr Hipp, Uhrmacher und Mechaniker in Reutlingen,

1) Ann. Bd. 65. S. 451.

wufste auf eine äußerst sinnreiche Weise diesen Fehler dadurch zu beseitigen, daß er das Werk schon vor dem Falle des Körpers sich bewegen ließ, wobei er die Einrichtung traf, daß die Zeiger sich nur während des Falls drehten, somit ein Zeitabschnitt gleichsam ausgeschieden wurde. Außer dieser wesentlichen Verbesserung besitzt das Hipp'sche Chronoskop noch den Vorzug, daß es $\frac{1}{500}$ Sek. angiebt und mit solcher Eleganz und Genauigkeit gearbeitet ist, daß während des Laufs nicht die mindeste Abweichung von einer gleichförmigen Bewegung zu bemerken ist; was sich leicht an der Höhe des Tons erkennen läßt, den das eigenthümliche Echappement von sich giebt.

Mit diesem verbesserten Chronoskop habe ich Versuche gemacht, welche meine kühnsten Erwartungen von einer solchen Maschine weit übertrafen. — Es wird daher nicht uninteressant seyn, wenn ich hier die Resultate dieser Versuche in der Kürze mittheile. Ich wählte fünf verschiedene Fallhöhen, und stellte mit jeder dieser Höhen 10 Versuche an, welche zu meiner nicht geringen Verwunderung höchstens um $\frac{3}{500}$ bis $\frac{4}{500}$ Sek. differirten. Hieraus ergab sich nun folgende Tabelle:

Fallhöhe in Millimetern	1500	1000	500	100	20
Zeit des Falls in $\frac{1}{500}$ Sek.	278,7	230	160,2	69,7	29,5

aus welcher sich das Newton'sche Gesetz $v : v' = t^2 : t'^2$ unmittelbar ableiten ließ. Durch Rechnung ergab sich noch, wenn die Fallhöhe in einer Sekunde (nach Pouillet) zu 4904,4^{mm} genommen wurde, folgende Zusammenstellung:

Fallhöhe in Millimetern	4904,4	1500	1000	500	100	20
Fallzeit in $\frac{1}{500}$ Sekunden.	500	276,5	225,7	159,6	71,3	31,9

was in überraschender Uebereinstimmung mit obigen Versuchen steht, und ein eklatanter Beweis für die Trefflichkeit des Instruments ist, auch dem Scharfsinn Hrn. Hipp's alle Ehre macht. Es ist einleuchtend, daß sich mit diesem

Instrumente ebenfalls höchst interessante Versuche über die Geschwindigkeit der Flinten- und Kanonenkugeln anstellen lassen. — Den Preis des Chronoskop hat Herr Hipp auf 66 Fl. gestellt. Das aus England bezogene kostete 144 Fl.

W. Oelschläger,

Oberreallehrer.

XIII. Ueber Dolomit; von A. von Morlot.

(Aus den Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien. Februar 1848.)

Mr. Elie de Beaumont hat im *Bulletin de la société géologique* von 1837, S. 174—177 eine sehr denkwürdige Notiz über die Anwendung der Rechnung auf die Hypothese der Entstehung des Anhydrites, des Gypses und des Dolomites durch Metamorphose veröffentlicht. Was letzteren insbesondere anbelangt, so zeigt er, daß 1 Kubikmeter Kalkstein, der 2750 Kilogr. wiegt, dadurch in Dolomit umgewandelt wird, daß von je zwei Atomen kohlen-saurem Kalk, die 1264 wiegen, das eine durch kohlen-saure Magnesia ersetzt wird, das neue Product also 1167 wiegen, daher die 2750 Kilogr. Kalkstein $1264:1167=2750:2537$ Kilogr. Dolomit liefern würden, die noch immer im ursprünglichen Kubikmeter vertheilt wären. Da aber das spezifische Gewicht des Dolomits 2,878 ist, also 1 Kubikmeter davon 2878 Kilogr. wiegt, so können die 2537 Kilogr. nur einen Raum einnehmen von $2878:2537=1:0,88175$ Kubikmeter, so daß also ein Schwinden und Zusammenziehen der ursprünglichen Masse von $1-0,88175=\frac{1}{100}$ nahebei stattgefunden hätte¹⁾, ein Resultat, welches im Allgemeinen recht gut mit dem drusigen Zustand so vieler Dolomite

1) Bei Wiederholung der Berechnung aber mit Anwendung der seither corrigirten Atomgewichte bekommt man etwas mehr als 12, nämlich genau 12,1 Proc.

übereinstimmt, und welches es wünschenswerth erscheinen liefs, durch Versuch das *wirkliche* Verhältnifs zu bestimmen, welches zwischen den hohlen Räumen des Dolomits und der ganzen Gesteinsmasse besteht.

Zu diesem Ende wurde auf folgende Weise verfahren. Ein faustgroßes Stück von grauem Dolomit, mit Sorgfalt am Predil als ungefähr die mittlere Drusigkeit des Gesteins darstellend (die beiläufig viel geringer als die berechnete zu seyn schien) gesammelt, wurde von den hervorstehenden Kanten und Ecken durch den Hammer so viel als möglich befreit und abgerundet. Sein absolutes Gewicht in freier Luft, nachdem es gut abgebürstet und ausgetrocknet war, betrug 245,69 Grm. Nun wurde es mit gelbem, durch die Wärme der Hand erweichten und zu einem dünnen Kuchen ausgedrückten Wachs recht genau umhüllt, um das Eindringen des Wassers in die Poren zu verhindern. Die Gewichtszunahme (in freier Luft) gab das absolute Gewicht des Wachses, dessen spezifisches Gewicht durch einen besondern Versuch zu 0,983 ermittelt wurde. Nun wurde das Ganze im Wasser gewogen und der Gewichtsverlust nach Abrechnung des Einflusses des Wachses ergab sich zu 98,07 Grm. Da nun, wie bekannt, der Kubikcentimeter Wasser 1 Grm. wiegt, so waren durch das Gestein 98,07 Kubikcentimeter Wasser verdrängt worden, also war das Gesamtvolum des Gesteines selbst mit allen seinen Drusen und Poren = 98,07 Kubikcentimeter. Nun wiegt aber der Kubikcentimeter von reinem, dichtem Dolomit, wie es Herr Elie de Beaumont annimmt, 2,878 Mal mehr als ein Kubikcentimeter Wasser, also 2,878 Grm., also nehmen 245,69 Grm. Dolomit eigentlich nur einen Raum von $\frac{245,69}{2,878} = 85,368$ Kubikcentimeter ein; aber das faustgroße Stück Dolomit von 245,69 Grm. Gewicht hat, wie gefunden, ein Volum von 98,07 Kubikcentimeter, also sind $98,07 - 85,368 = 12,70$ Kubikcentimeter oder $\frac{12,70}{98,07} = \frac{12,9}{100}$ hohle Räume darin.

Also hat das untersuchte Gesteinsstück 12,9 Proc. hohle Räume, was mit der theoretischen Berechnung Elie de Beaumont's sehr schön übereinstimmt, besonders wenn
man

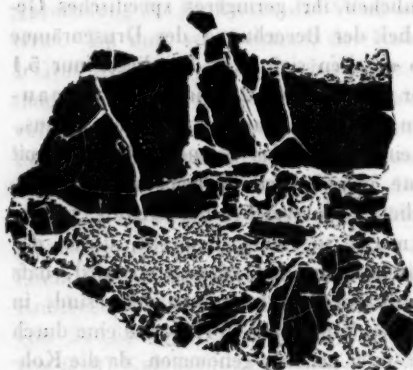
man bedenkt, daß eine solche Bestimmung bei einem einzelnen, kleinen Handstück angewendet, von vorne herein kein absolut genaues Resultat, auf welches noch obendrein die größere oder geringere Reinheit des Gesteines Einfluß haben muß, versprechen kann.

Es ist daher wünschenswerth diesen Versuch noch oft zu wiederholen, aber nur, indem Gesteine dazu verwendet werden, die zu dem besonderen Zweck an Ort und Stelle aufgesammelt sind und deren genauere chemische Untersuchung dann auch damit zu verbinden ist, um mit voller Einsicht zu Werke zu gehen. Im vorliegenden, vorläufigen Fall wurde nur noch der Nebenversuch gemacht, das spec. Gewicht von gegen 100 etwa 1 Kubikmillimeter großen Stückchen des angewendeten faustgroßen Dolomitstückes zu bestimmen. Obschon sie dem freien Auge durchaus keine Spur von Drusen zeigten und ganz dicht zu seyn schienen, so war ihr specifisches Gewicht doch nur 2,641, was nach obigen Annahmen noch immer auf beiläufig 8 Proc. hohle Räume schließt. Nimmt man sie hingegen als ganz dicht an und legt statt des von Elie de Beaumont angenommenen gewöhnlichen ihr geringeres specifisches Gewicht zum Grunde bei der Berechnung der Drusenräume des Handstückes, so ergeben sich dann für dieses nur 5,1 Proc. Setzt man aber dieselbe Zahl 2,64 in Elie de Beaumont's Rechnung ein, so kommen auch nur 4 Proc. heraus.

Es kann daher einstweilen das erlangte Resultat mit vollem Recht als eine physikalisch-mathematische Bestätigung der Annahme dienen, zu welcher der Geolog, wie es Hr. Elie de Beaumont so richtig bemerkt, durch das Vorkommen dolomitischer Korallen gezwungen wird, daß nämlich diese Dolomite aus Kalkstein entstanden sind, in welchem von je 2 Atomen kohlensaurem Kalk das eine durch kohlensaure Magnesia, oder genauer genommen, da die Kohlensäure beiden gemeinschaftlich ist, 1 Atom Kalkerde durch 1 Atom Bittererde ersetzt worden ist. Zugleich folgt aber mit derselben strengen Nothwendigkeit, und diese ist besonders wichtig, obschon es bisher immer übersehen wurde,

dafs das ersetzte Atom Kalkerde weggegangen und verschwunden ist.

Unter welcher Form ist nun die Magnesia hinzugetreten und die Kalkerde weggegangen, was war das vermittelnde Princip dieser Molekularwanderung, welcher Art war die chemische Reaction? — Das ist die grofse Frage, die schon Arduin geahnt, die Leopold von Buch so meisterhaft aufgestellt, die Elie de Beaumont so scharfsinnig behandelt und die Haidinger endlich auf eine eben so einfache als glänzende Weise gelöst hat, nachdem er vor bald einem Vierteljahrhundert einen Wegzeiger auf dem schwierigen Pfade der Entdeckung aufgepflanzt ¹⁾). Denn als er 1827 Kalkspathskalenoeider aus Schemnitz beschrieb, die in drusigen Bitterspath umgeändert waren, verweilte er mit Nachdruck darauf, dafs diese Umwandlung, die Leopold von Buch als Ursache der Entstehung der Dolomite Südtirols bezeichnete, für den Fall jener Krystalle wenigstens wirklich und unbezweifelt stattgefunden habe. Die wohlbekannte Vergesellschaftung von Dolomit und Gyps im Grofsen und die mineralogische Beobachtung derselben Erscheinung im Kleinen,



wie an dem Handstück, wovon die beigedruckte Abbildung eine Darstellung in natürlicher Gröfse giebt, wo die schwarzen Stellen dem Dolomit und die weissen Adern dem dazwischen ausgeschiedenen Gyps entsprechen.

1) Siehe *Transactions of the royal society of Edinburgh March. 19. 1827*, und dann das Memoir: „Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein“ in den naturwissenschaftlichen Abhandlungen durch Subscription herausgegeben von W. Haidinger, I. Bd. 1847,

chen — führten später Haidinger auf die Vermuthung, daß die Talkerde als schwefelsaure Magnesia oder Bittersalz, dieses so gemeinen und weit verbreiteten Productes zugeführt worden sey, daß dieses Bittersalz in der Art auf den durchdrungenen Kalkstein eingewirkt habe, um ihn in Dolomit umzuwandeln, bei gleichzeitiger Ausscheidung von schwefelsaurem Kalk oder Gyps, und daß endlich bei gänzlicher Abwesenheit aller Spuren plutonischer Einflüsse in den von ihm beobachteten Fällen der Vermittler jener Molekularbewegungen ganz einfach das Wasser gewesen, in welchem das Bittersalz leicht und der Gyps nur schwerer löslich sey. Also müßte eine Bittersalzlösung den kohlensauren Kalk zu dem Doppelsalz von kohlensaurer Magnesia bei gleichzeitiger Bildung von schwefelsaurem Kalk umwandeln. Aber die Chemie giebt das Beispiel von der gerade umgekehrten und entgegengesetzten doppelten Zersetzung, denn eine Gypslösung, lange genug durch pulverisirten Dolomit filtrirt, verwandelt diesen in reinen kohlensauren Kalk bei gleichzeitiger Ausscheidung von Bittersalz. Hier zeigt sich aber die ganze Tiefe des wahren Naturforschergeistes, der selbst aus den scheinbaren Schwierigkeiten neue Hilfsmittel zu schaffen weiß und den nichts in seinem mächtigen Fortschritt aufzuhalten vermag; Haidinger beobachtete das Ausblühen von Bittersalz aus dem Felsen in der Nähe eines Gypsbruches, er studirte mit seiner tiefen, gegenwärtig noch ihm fast allein eigenen mineralogischen Methode die Rauchwacke, erkannte, daß sie das Product der Umwandlung von Dolomit zu Kalkspath durch eine Gypslösung sey, und erklärte, daß diese Reaction des Laboratoriums allerdings auch im Großen, in der Natur statt finde, aber nur unter ganz eigenthümlichen, wohl zu beherzigenden Umständen. Denn Rauchwacke und die Bil-

pag. 305 u. ff. Hier ist auch schon die Theorie Haidinger's näher auseinandergesetzt, es möge aber die Neuheit des Gegenstandes und der Zusammenhang mit der Berechnung Elie de Beaumont's ihre nochmalige sehr gedrängte und von einem etwas verschiedenen Gesichtspunkt aus beleuchtete Darstellung rechtfertigen.

dung und Ausblühung von Bittersalz ist vergesellschaftet mit dem Vorkommen des Eisens als Oxydhydrat, welches man nur in den äußeren Schichten der Erde, wovon es fast alle oberflächlichen, jüngeren Theile gelblich färbt, antrifft, und das man vergebens in der Tiefe, mehr im Erdinnern sucht.

Es ist also klar, daß diese chemische Reaction, Ursache der *Entdolomitisation*, wenn man sich so ausdrücken darf, nur bei gewöhnlicher Temperatur und unter dem gewöhnlichen Luftdruck stattfindet — wie im Laboratorium; und wirklich zeigt sich die Rauchwacke immer nur in den äußeren, zu Tage tretenden Theilen der Gebirgsschichten. — Im Dolomit hingegen findet man das Eisen nicht als Hydrat, sondern als wasserfreies Oxyd oder als Schwefelkies; da letzterer jedoch sich immer und sehr rasch an der Erdoberfläche zu Brauneisenstein umwandelt, so konnten die nun dolomitisirten Gebirgsschichten ihr Eisen bei ihrer ursprünglichen Ablagerung im Wasser auch nur als Oxydhydrat enthalten, und es muß daher die Dolomitisation unter den ganz besondern Umständen vor sich gegangen seyn, welche für die Reduction und Entwässerung nothwendig sind und die *conditions d'existence* des Schwefelkieses ausmachen. Die ausgedehnten Forschungen des großen Mineralogen über die Lagerung und das Vorkommen und Zusammenvorkommen der Mineralspecies zeigten ihm, daß diese besonderen Umstände in einer erhöhten Temperatur bei zunehmender Erdtiefe und unter entsprechend vergrößertem Druck bestehen müßten, und er wurde so auf die Induction geleitet, daß, obschon in der Kälte und unter dem gewöhnlichen Luftdruck eine Gypslösung den Dolomit zu Kalkstein und Bittersalz umwandle — bei erhöhter Temperatur und unter einem größeren Druck die chemische Reaction gerade die umgekehrte wäre, so daß alsdann das Bittersalz den Kalkspath zu Dolomit und Gyps umwandeln würde.

Was nun den erforderlichen Grad der Temperatur anbelangt, so schätzte sie Haidinger bei so häufiger Abwesenheit aller andern äußern Hitzquellen als gerade die der

bekannten Zunahme der Wärme mit der Tiefe — nach dem Gesetz dieser Zunahme und der möglichen Mächtigkeit der überlagernden Schichten, die selbst noch im Meeresgrund liegen mochten — auf höchstens 200° , was einem Druck, durch die Spannkraft des Wasserdampfes hervorgebracht, von 15 Atmosphären entspricht. Es kam also nur mehr darauf an, den Versuch im Laboratorium auszuführen und zu sehen, ob unter den vorausgesetzten Verhältnissen die verlangte Reaction wirklich stattfinden würde. Dies geschah denn auch, und es zeigte sich, daß ein Gemenge von krystallisirtem Bittersalz und gepulvertem Kalkspath in den Gewichtsverhältnissen von 1 zu 2 Atom, in einer zugeschmolzenen Glasröhre eingeschlossen, welche selbst in eine Abänderung des berühmten Flintenlaufs Sir James Hall's gebracht wurde — bei einer Temperatur von 200° und einem Druck von 15 Atmosphären sich so vollständig zu dem Doppelsalze von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia und zu schwefelsaurem Kalk zersetzte, daß keine Spur von Bittersalz übrig blieb, — und durch diese glänzende Bestätigung seiner tiefen Voraussage hatte Haidinger das letzte Glied der Inductionsreihe geschlossen, durch welche er die endliche Lösung des großen Problems vollbracht hat, das die Wissenschaft dem erhabenen und bewundernswürdigen Geiste Leopold von Buch's verdankt.

*Physikalische Preisaufgabe der Kaiserl. Academie
der Wissenschaften zu Wien.*

Es sind die Erscheinungen der geleiteten Wärme auf eine mit der Erfahrung übereinstimmende Weise aus zulässigen Grundsätzen zu erklären.

Von einer genügenden Bearbeitung dieser Aufgabe erwartet die Academie, daß durch Versuche und Rechnung nachgewiesen werde, auf welchem Hergange die Fortpflanzung der Wärme im Innern der Körper beruht, nach welchen Gesetzen sie vor sich geht, und, sofern diese Gesetze mit der thermischen Vibrationshypothese in Einklang zu brin-

gen sind, welchen Sinn die Ausdrücke freie und gebundene Wärme, Wärmecapacität, u. s. w. im Geiste dieser Hypothese haben.

Für die Abhandlung, welche als die genügendste befunden wird, ist der Preis von Tausend Gulden Conventions-Münze bestimmt, welche in der feierlichen Sitzung vom 30. Mai 1850 zuerkannt wird. Die um den Preis werbenden Abhandlungen sind spätestens bis Ende December 1849 der Academie zu übergeben. (Aus den Sitzungsberichten d. K. Academie (Wien 1848), Heft I. S. 50.)

Jonas Jacob Berzelius

ist nicht mehr! Er starb am 7. August d. J. zu Stockholm, im noch nicht vollendeten 69. Lebensjahre, da er am 29. August 1779, zu Linköping, geboren ward.

Wer hätte sie nicht mit wehmüthigem Gefühl gelesen die Trauerbotschaft, die uns das Ableben des Mannes überbrachte, welcher der Stolz seines Volkes, der unübertroffene Meister seiner Wissenschaft, der väterliche Freund und Lehrer so manches Strebsamen auch in unserem Vaterlande gewesen ist. Ihm hier ein Denkmal setzen zu wollen, wäre eitel und unnöthig: Seine Werke, sie sind allbekannt und werden leben so lange die Menschheit den Sinn für Naturforschung bewahren wird; aber es auszusprechen, daß auch wir ihm mannigfach verpflichtet waren, daß die Annalen an ihm eine ihrer ältesten und treuesten Stützen besaßen, — dieß Anerkenntniß können wir nicht umhin auf seinem Grabe aufzupflanzen. Die Stockholmer Academie hat beschlossen, den Platz, den er in ihrer Mitte einnahm, drei Jahre lang unbesetzt zu lassen; wohl ihr, wenn sie nach dieser Frist die Lücke durch einen Mann auszufüllen vermag, der so wahr, so bescheiden und liebenswürdig wie der Verewigte einen gleich hohen Rang wie er in der Wissenschaft erringen wird!

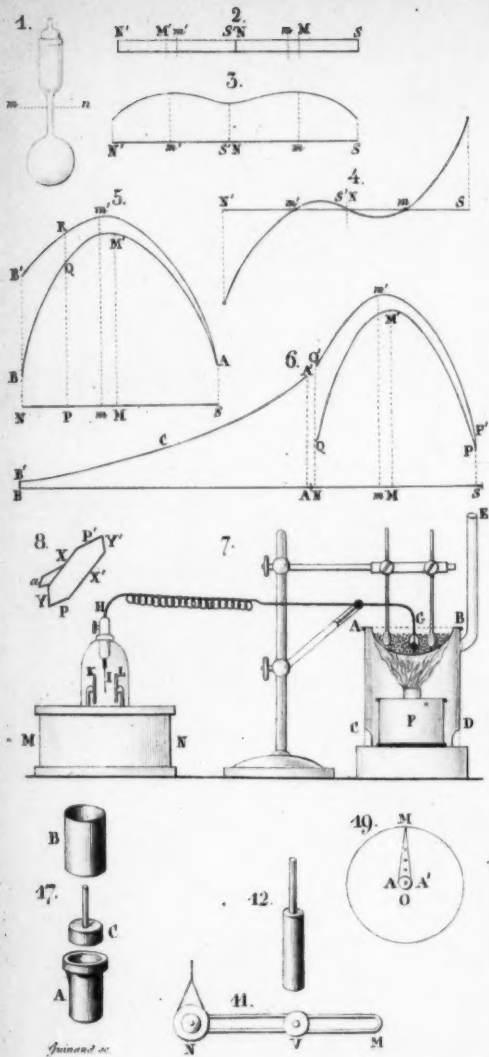
P.



1/2 der natur



türl. GröÙe.



Guinand sc.

